9353

IV

1

Dla Kosmosu

(Kilka uwag o fizycznych podstawach) teoryi górotwórczych

(z powodu pracy Dr. O. Ampferera).

Metody w geologii zastosowanie znajdujące są z jednej strony metodą par excellence przyrodniczą, to jest metodą opisowo-indukcyjną, polegającą na porównywaniu skał, wykrywaniu prawidłowości w ich składzie i układzie i wnioskowaniu z nich o historyi ziemi, a z drugiej strony także metodą charakterystyczną dla nauk ścisłych matematycznych, metodą konstruktywną polegającą na przyjęciu jakiejś hipotezy co do wcześniejszego stanu ziemi, na dedukcyjnem wywnioskowaniu o konsekwencyach z takiego przyjęcia koniecznie wypływających i a posteriori dokładnem sprawdzeniu tych wniosków, dającem możność rozstrzygnięcia co do prawdziwości przyjęcia pierwotnego. Ta ostatnia metoda, zastosowana zwłaszcza w działach geofizyki, posiada zaletę ścisłości i pewności gdyż opiera się na uznanych prawach fizycznych (chemicznych), ale z drugiej strony wymaga też dokładnej znajomości odnośnych praw oraz ścisłości matematycznej w dedukcyach, inaczej prowadzić może do najdziwaczniejszych pomyłek. Tą ostatnią uwagę nasunąć mi musiało przykre przeczytanie pracy Dr. O. Ampferera [...] [Vuk ......], w której autor ten za pomocą dedukcyi teoretyczno-fizycznej wyprowadza daleko idące wnioski co do mechanizmu zjawisk górotwórczych. Zachęcony przez p. Zubera (Sądzę że wypada jednak się zapoznać z pracą w tak poważnej publikacyi głoszoną) pozwalam sobie tutaj przedstawić krytyczną analizę tej pracy wraz z wyłuszczeniem stanowiska które mojem zdaniem fizyka w tej sprawie powinna zająć.

Zaznaczę odrazu że główne wnioski w które się streścić dają wywody Ampferera są: zbicie t. zw. teoryi kontrakcyjnej tworzenia się gór, zbicie teoryi planetezymalowej Schardt-Lugeona i postawienie własnej teoryi górotwórczej.

Autor wychodzi z rozważań nad wytrzymałością skał i tu robi pewne uwagi (słuszne w niepoprawnej zupełnie formie wyrażoną zawierające tę słuszną myśl, zwykle niedoceniana a zastosowaną na którą ...) Chodzi o zasadę znaną w fizyce pod nazwą podobieństwa dynamicznego, baczną uwagę każdego ktokolwiek ogląda profile geologiczne.

Procesy górotwórcze zależą od stosunku siły ciężkości i ciśnień w skorupie ziemskiej, z jakiejbądź przyczyny powstających, do spójności i wytrzymałości skał. Zważmy że przy zmniejszeniu proporcyonalnem wszystkich rozmiarów jakiegoś ciała zmniejszamy ciężar przypadający na każdy cm w stosunku rozmiarów liniowych. Jeśli zatem profil wykreślony lub model w stosunku 1:10.000 ma dać nam przedstawić należycie rolę siły ciężkości w stosunku do wytrzymałości skał, to musimy sobie (przy niezmienionej gęstości materyału i niezmienionem natężeniu ciężkości) wyobrazić w owym profilu wszystkie współczynniki spójności i wytrzymałości zmniejszone w stosunku 1:10.000. N. p. granit posiadający wytrzymałość taką, że słup o wysokości 3570 m. jeszce by istnieć potrafił bez skruszenia swej własnej podstawy, musiałby być oddany w owym modelu przez substancyę zdolną do tworzenia słupów wyższych niż ponad 35.7 cm; musiałaby ona być nawet miększą od masła przy temperaturze pokojowej (niestety nie znamy takiej substancyi całkiem odpowiedniej), porównanie to byłoby o tyle niestosowne że wzbudziłoby błędne mniemanie (zauważę jednak że) że takiej plastyczności jakoby

owych skał granitowej byłaby ilustrowaną przez plastyczność modelu. Przeciwnie, model powinien zachować zupełną kruchość (ściśle mówiąc długość czasu relaksacyi potem później) odpowiadającą granitowi.

Powróćmy do dalszej argumentacyi autora. Otóż wyobraża sobie, że ze skorupy zewnętrznej ziemi — czyli „Erdhaut" — wyciętą obręcz wzdłuż największego koła i zastanawia się nad wytrzymałością takiego sklepienia, wyglądem siły ciężkości. Przychodzi do Cowlinga, ażeby pod tym względem niejednego obliczenia Wegenera, a później analogiczne rozwiązanie stosuje do całego sklepienia kulistego. Wnioskuje, że ciśnienie styczne powstające w owej obręczy (wskutek ciężenia ku środkowi) przewyższałoby 1720 razy wytrzymałość granitu przeciwko zgnieceniu, a zatem że taka obręcz zostałaby skruszona wskutek własnego ciężaru.

Istotnie elementarnym rachunkiem dowieść można, że ciśnienie styczne (pro cm²) takiej obręczy o promieniu r, gęstości ρ jest $p = r\rho g$, a odpowiednio ciśnienie w sklepieniu kulistem $\frac{r\rho g}{2}$, czyli tak duże jak ciśnienie słupa o długości równej połowie promienia kuli ziemskiej, co jest blizko tysiąc razy więcej niż owa wysokość graniczna z wytrzymałości granitu (p. p.). Nic w tym rezultacie nie ma dziwnego, każdy technik wie, że (napięcia, które działać na składową część jakiejś konstrukcyi, zupełnie inne, gdy ona jest w związku z całością, a zupełnie inne jeśli usuniemy różne inne składowe części konstrukcyi i rozpatrujemy ją samą przez się, od reszty izolowaną. W rzeczywistości właśnie skorupa ziemska nie tworzy sklepienia nad pustym jądrem, lecz spoczywa na masywnej podstawie, która unosi cały jej ciężar, czyli jak sam autor na jednem miejscu powiada: Das ganze Gewölbe schwimmt auf der Unterlage.

Wynika więc tylko, że jest rzeczą zupełnie nadrzędną wnioskować (o tem jak skorupa ziemska w istocie się zachowuje, na podstawie sporów jak ona by się zachowywała, gdyby tworzyła puste sklepienie.

Autor jednak wciąż i w dalszym ciągu zastanawia się nad zjawiskami w takich sklepieniach występującymi, bez względu na podkład, na którym spoczywają, i różne wnioski bądź świadomie bądź nieświadomie z tąd przenosi na wypadek rzeczywistości. Z tąd zatem pochodzi jego twierdzenie o nadzwyczajnej słabości owej skorupy ziemskiej „w stosunku do wielkości ziemi", i wprowadzenie (dla uzasadnienia tej słabości) słowa „Erdhaut". Niczby przeciwko temu rzec nie można, gdyby słowo to mimowoli nie nasuwało wyobrażenia jakoby „skóra ziemska" miększą była od wewnętrznego ciała i szkieletu, podczas gdy prawdopodobnie jest przeciwnie.

Występuje to dobitnie w porównaniu, którem autor ilustruje teoryę kontrakcyjną: globusem o promieniu 6 m zdolnym do kontrakcyi, na którym warstwa pokostu grubą na 1 cm reprezentuje ową „skórę ziemską". Gdy taki globus zmniejszy swoją objętość, okaże się skutek tylko zgrubienie i jednostajne pomarszczenie owej warstwy pokostu. Podobnie według autora przy jednakowej kontrakcyi ziemi nastąpić (musiałoby tylko jednostajne zmiażdżenie owego sklepienia, a zatem zgrubienie i jednostajne zmarszczenie — co zupełnie się sprzeciwia temu co widzimy na ziemi — Autor stanowczo powstaje przeciwko przyjęciu, żeby te przesunięcia się mogły równoważyć i wytworzyć w jednym miejscu potężne sfałdowanie, pozostawiając resztę powierzchni niezmarszczoną (jak to Heim przyjmował dla Alp). p. 11 i wielokrotnie powtarza twierdzenie o „nadzwyczajnej Ungeheuerlichkeit" tego przyjęcia.

Pokazuje się tu jasno kruchość metody argumentacyi autora. A kładę nacisk na ten szczegół, gdyż także

6360 : 3180

623
529
84

2

w tem upatrywał trudności dla teoryi kontrakcyjnej że wielkie obszary ziemi nie są wcale pofałdowane, inni autorowie ~~o braku ogólnego pomarszczenia itd~~ więc brak (w niej) owego ogólnego pomarszczenia. (

Gdyby (rzeczywiście) tak jak w owym przykładzie z globusem zewnętrzne warstwy ziemi były bardzo miękkie w porównaniu z podkładem (jądrem) i gdyby (względnie) stosunkowo wielkiej ~~[illegible]~~ adhezyi do tego podkładu były przylepione, (w takim razie) powinnoby istotnie powstać ogólne pomarszczenie i ono porównanie byłoby słuszne. Jeżeli jednak, co (w dalszym ciągu uznamy za) bardzo prawdopodobne, wnętrze ziemi jest do pewnego stopnia plastyczne lub płynne, albo więcej niż wytrzymałe od zewnętrznych warstw, to całe porównanie upada. ~~[illegible]~~ Wtedy należałoby raczej ziemię porównać (z pojemnikiem [illegible]) do (kulistej masy wody pokrytej cienką skorupą lodu; gdy (zmniejszymy) wodę (zmniejszy się o jakiejś części o równej grubości) z wnętrza wypompować, skorupa nie zmarszczy się ani nie zgniecie tylko załamie się w ~~[illegible]~~ miejscach (w niektórych miejscach pęknie) (a [illegible]) nadzwyczaj miejscach o wiele później). ~~Podobnie przy [illegible]~~ I to nawet jeśli (skorupa ~~[illegible]~~ owa) [illegible] pręta szklanego, całkiem jak najstaranniej tej samej wszędzie grubości. ~~[illegible]~~ [illegible] walcowatego ~~[illegible]~~ [illegible] przewężenia ostatecznie w jednem miejscu, chociażby to miejsce tylko o znikomo małą część było słabsze [illegible] wyciągające raz kawał ciasta (walcowatego [illegible] ten sam prąd [illegible]) ~~przekroju~~ na całej długości, ~~[illegible]~~ przekrojuje w wszystkich miejscach. Zależy to wszystko od plastyczności ciała ~~[illegible]~~ przy zwężeniu jednostajnie zwężenie ~~z którejś masy do zgniecenia~~ i od wielkości siły działającej.

~~[illegible]~~ Zależy zatem wszystko od stopnia wytrzymałości i plastyczności wnętrza w porównaniu do zewnętrznych warstw i apodyktyczne potępienie (kontrakcyjnej teoryi) ~~hipotezy~~ o wytworzeniu (jednego pasma) pasma górskiego ~~[illegible]~~ jest zupełnie niewłaściwe.

Jeszcze jaskrawiej występują skutki mylnej metody rozumowania autora, mylnej bo opartej na rozważaniach fikcyjnego sklepienia pustego, w następnych rozdziałach gdzie autor roztrząsa jeszcze możliwość (nierównomierności w) ~~[illegible]~~ [illegible] skorupy oraz nierównoczesności zjawiska kontrakcyi. ~~Autor [illegible]~~ Widać w nich że autor pomieszał dwa całkiem różne wypadki wytrzymałości: (z których notabene żaden nie stosuje się do skorupy ziemskiej) sklepienia poprzednio omawianego, podlegającego naprężeniom ściskającym, i (takiego) sklepienia (opartego o stałe punkty oparcia i dźwigającego) ~~podlegającego~~ obciążenie ~~[illegible]~~ pionowe. Chyba tak można sobie wytłomaczyć ~~[illegible]~~ jego mniemanie że wytrzymałość (koherencyi) owego sklepienia będzie zależeć od jego wielkości i że dostatecznie małe „Teilgewölbe" potrafią się oprzeć sile kontrakcyjnej bez zgniecenia. (podczas gdy większe muszą się załamać) ~~[illegible]~~ Naprawdę zaś (albo sklepienie (ziemskie) jest puste, wtedy nie ma żadnego Teilgewölbe mogącego się samodzielnie utrzymać i wszystko zostanie zmiażdżone, albo – jak w rzeczywistości – sklepienie spoczywa całą swą podstawą na wewnętrznych warstwach ziemi, a wtedy również (nie ma sensu) ~~[illegible]~~ pojęcie Teilgewölbe i w ogóle nic dalej wnioskować nie można bez wyraźnego założenia co do sposobu jak sklepienie złączone jest z podstawą. Wobec tak zasadniczych błędów mało interesu przedstawia szczegółowe (śledzenie) rozważanie dalszych z nich wypływających konsekwencyi. Wspomnę tylko że autor zupełnie błędnie przedstawia (sobie mechanikę) ~~[illegible]~~ słabego miejsca lub, w krańcowym przypadku, otworu w skorupie ziemskiej ~~[illegible]~~ w dalszym ciągu (bez dostatecznego uzasadnienia) jako normalny typ (nierównomierności w) ~~[illegible]~~ (skorupie ziemskiej) ~~[illegible]~~ przyjmuje skład tejże z (twardych) sztywnych płyt (Schollen) oddzielonych od siebie ~~[illegible]~~ miękkiemi masami (tworząc każda każdej z nich zamkniętą całość [illegible] – o stosunkowo małych [illegible]) (fałdy kanałami). Oczywiście przy takiem przyjęciu powstałyby fałdy tylko między owymi płytami ~~[illegible]~~ [illegible] ~~[illegible]~~ pasm górskich. Tego na ziemi nie widzimy i również (pewne) ~~[illegible]~~ kryteryów które (autor) na tejże podstawie ~~[illegible]~~ (bardzo [illegible] warstwi) ~~autor~~ wyprowadza nie są oparte w rzeczywistości a z tego (autor wyciąga) konkluzję: potępienie teoryi kontrakcyjnej!

W rzeczywistości (można) ~~[illegible]~~ na podstawie hipotezy kontrakcyjnej (równie dobrze) wytłomaczyć jakiejś kształt pasma

(choćby n.p.) górskich, przyjmując że ta właśnie (były miejsca o mniejszej) wytwór obróbki skorupy ziemskiej ... gdzie przyczepa ... ponieważ jak odpowiedni zgniatanie rozmiarów płyt do owych fantazyjnych fałdów nie ma najmniejszego mechanicznego uzasadnienia.

Nie będę wchodził w szczegóły analizy następnego rozdziału zawierającego krytykę, przeważnie surową, innych (zresztą współczesnych) teorji górotwórczych, a z następnej części poświęconej szczegółowej „anatomii" fałd wybiorę tylko jeden, co prawda ważny szczegół jako przykład metody autora: apodyktycznego wypowiadania dalekosięgających twierdzeń bez ścisłego matematyczno-fizycznego uzasadnienia. Chodzi o to czy (p. 586) zgniecenie szerokiej strefy miękkiej warstwy przez dwie twarde płyty, w kierunku stycznym się ku sobie zbliżające, spowoduje fałdowanie 1) tylko u brzegów miękkiej strefy, czy 2) po całym jej obszarze czy też 3) tylko w jej środkowej części. Autor rozstrzyga bez wahania na korzyść hipotezy (1), a pozostałe (3) jako hipotezę która „nimmt kein Rücksicht auf die Grenzen der beiden Medien und ist daher höchst unwahrscheinlich" i również pozostała (2) powinna, ta hipoteza jest sprzeczna z bezwładnością mas zgniatanych! „Die Anstauung der Falten an der Stirn der vorschiebenden Scholle ist der klare Ausdruck des grossen Trägheitswiderstandes der ruhenden Massen gegen eine erzwungene Ortsveränderung!" Gdzież (możnaby mówić o wpływie) bezwładności, wobec opornej prędkości ruchów górotwórczych? Wszak właściwie o rozstrzygnięciu całej kwestji mowy być nie może bez bliższego określenia własności owej warstwy, a o tem autor nic nie wspomina, jakby to zależało tylko od ... złączone są z podkładem i jakiś jest mechanizm działania tego podkładu. Z łatwością podać można takie przypadki gdzie właśnie wygięcie w środku (zob. rys. 23) nastąpi wcześniej, wszak to jest n.p. normalny (przykład wyginania) (zdarzenie się) („Knicken") słupów (w kierunku osi ściskanych). Wszak krzywa przedstawiająca kształt t. zw. „elastica" studjowana przed przeszło 100 laty przez Eulera, jest (porównaj właśnie taki kształt) „fałdowy" jaki autor narysował jako ilustrację (2).

Następujący rozdział jest poświęcony krytyce teorji Schardt-Lugeona, ... do której później jeszcze powrócimy, a końcowa część własnej teorji autora, którą także przeciwstawia teorji kontrakcyjnej i innym teorjom górotwórczym. Teorja autora jest bardzo ogólnikowa. [illegible] Dowodzenie swego mniemania że góry fałdowe nie mogą powstać wskutek zwyczajnych ciśnień wywieranych na siebie przez twarde płyty o określonych rozmiarach, uważając że są one „Stellen eigener Entstehungskraft", albo jak na innym miejscu powiada „Kraftlinien im Antlitz der Erde". Pod liniami siły rozumiemy wszyscy coś zupełnie innego, ale mniejsza o słowo. Rozumie autor pod tem: że siły które wytworzyły dane pasmo górskie muszą być zlokalizowane ściśle w obszarze owego pasma w głębiach ziemi; te siły wytwarzają (zapadliny lub ...) [illegible]. Jakie to są siły, autor nie powiada, tylko ogólnikowo rozumiemy że pochodzą ze zmian fizycznych lub chemicznych, objętościowych z powodu ... Te zmiany powodują prądy w wewnętrznych plastycznych masach „Unterströmungsrichtung", że wskutek tego na powierzchni potem występują zapadliny lub wzniesienia lub przesunięcia styczne oraz fałdowania, i że tym sposobem powierzchnia ziemi tworzy obraz „Abbildung" wewnętrznego podłoża.

jak przemieszczeniu?

Trudno coś powiedzieć o tak mało sprecyzowanej teoryi. O ile ma charakter negatywny t.j. zaprzeczający możliwości przenoszenia kontrakcyjnych sił górotwórczych na większą odległość wskutek stałości skorupy ziemskiej, jest ona zupełnie błędna ~~niezasadniona~~ jak to poprzednio widzieliśmy. (O ile zaś ma charakter pozytywny t.j.

Dla tego też lokalizacya [illegible] tworzących się pasmach fałdowych gór nie jest uzasadniona)

twierdzący że jakość wnętrza ziemi oraz siły z niego pochodzące muszą się odbić w kształtach powierzchni, temu oczywiście nikt nie będzie zaprzeczać, ale też nie zyskamy takim powiedzeniem dużo bliższej [illegible] rodzaju tych sił oraz mechanizmu całego zjawiska nie określimy; kto potrzebuje kontrakcyjnej przyjmuje, też ma zdolność [illegible] wszystkiego mechanizm jasno i zrozumiale określić.

Pozostaje zatem rezultat mało zadowalający: że pożyteczność teoryi kontrakcyjnej ~~przez autora~~ na podstawie błędnej mechaniczno-teoretycznej dedukcji jest zupełnie bezpodstawny oraz że własne jego domysły teoretyczne sprawy ani o krok dalej nie posuwają.

II.

~~Niechby się zdawać, wątły poprzed [illegible] że jestem bezwzględnym zwolennikiem teoryi kontrakcyjnej~~

Chciałbym się jednak zastrzec przeciwko wrażeniu jakie mógł wzbudzić poprzedni ustęp, jakobym uważał teoryę kontrakcyjną za jedyny pewnik niewzruszony; dlatego pozostało [illegible] jeszcze, niezależnie od owej pracy, określić bliżej stanowisko jakie [illegible] pytka wobec niej powinna zająć.

Wypada tu powierzchownie zaznaczyć trudności na które ta teorya napotyka wobec całkiem innego rodzaju zjawisk t.j. wobec objawów promieniotwórczych, które już przewrót w innych dziedzinach nauki spowodowały.

Teorya kontrakcyjna związana jest ściśle z teoryą Kant-Laplace'a o stygnięciu płynnej niegdyś naszej planety i do niedawna teorya która uchodziła za tak pewną, że mogła służyć jako fundament wszelkich geofizycznych spekulacyi. O słuszności tej podstawowej hipotezy nikt nie wątpił, chodziło tylko raczej o kwestye ilościowe: czy spółczynnik przewodnictwa cieplnego jądra ziemi nie jest większy niż warstw powierzchniowych, czy zatem „wiek ziemi" liczyć należy według Kelvina na 20, czy 200, czy 200 [illegible] lat, czy lepsza jest Kelvina metoda rachunku czy inne (n.p. Rudzkiego), czy powierzchnia neutralna (level of no strain) oddzielająca warstwy wewnętrzne zgniatane od warstw zewnętrznych wydłużanych, znajduje się w większej czy mniejszej głębokości, czy miarą skurczenia będą spółczynniki rozszerzalności termicznej znanych nam ciał stałych, czy może należy oceniać skurczenie skurczenie się ciał przy przejściu ze stanu płynnego w stan stały i.t.p. Ale nikt nie zaprzeczał nie [illegible] zjawiska kurczenia się, które mogą być źródłem prawie dowolnie wielkich sił, [illegible] do wytworzenia [illegible] górotwórczych. Tymczasem najważniejsza podpora teoryi o ciekłym niegdyś stanie całej ziemi upada dzisiaj zachwiała się, a nawet powstaje pytanie: czy ziemia wogóle stygnie? Dowodem stygnięcia był wzrost temperatury ku wnętrzu; musi on być połączony z przewodzeniem ciepła ku powierzchni, a nie można sobie wyobrazić żadnego źródła wytwarzającego wewnętrzne ciepło, byliśmy zmuszeni do wniosku że ziemia stygnie. Obecnie zaś znamy że istnieją takie źródła ciepła [illegible] ciał promieniotwórczych, rad odkryto takie źródło: Każdy gram radu wytwarza samodzielnie 3·36 kalory ciepła na minutę. Cała ilość ciepła utraconego przez ziemię po sekundzie wynosi $4\pi k R^2 \frac{\partial\theta}{\partial r}$ (gdzie k jest przewodnictwo cieplne, dla granitu $k = 0{\cdot}008$, $\frac{\partial\theta}{\partial r}$ przyrost temperatury na 1 cm $= \frac{1}{3000}$, r promień ziemi w centymetrach). Gdyby zatem każdy cm^3 granitu

6)

kuli ziemskiej zawierał tylko 46. 10^{-14} radu już cała strata ciepła byłaby skompensowana. Tymczasem Strutt znalazł w najróżniejszych skałach zawartość rzędu ! Świeżo znów J. J. Joly [illegible] dziesiątki według których różnego rodzaju Gneisy, Granity, skały wybuchowe posiadają zawartość 41 – 7·6. 10^{-12}, woda morska tylko 0·016. 10^{-12}, ale za to zawartość radu w osadach głębokomorskich (Red Clay i Radiolarian Ooze) jest 35. 10^{-12}

Przyjmując (według Joly'a) liczbę 4·7. 10^{-12} jako przeciętną zawartość skał zewnętrznych znaleźlibyśmy się że już grubość 60 km tych skał wystarczyłaby do skompensowania (owej) utraty ciepła. (Temperatura wzrastałaby ku wnętrzu parabolicznie a od pewnej głębokości [illegible] nawet gdyby całe pozostające jądro nie zawierało śladu radu) wartości 1200 °C. Gdyby zaś grubość owych warstw radionośnych była większa (do pewnych głębokości wszędzie taka sama zawartość radu jak na pow.), musiałoby nastąpić nie stygnięcie lecz ogrzanie się ziemi! Jakże wyjść z tej trudności? Przyjęcie że ziemia znajduje się w stadyum powolnego ogrzewania wydaje się nam bardzo nieprawdopodobne. (bo od mil. wieków taki sam był ... ?)

Jeśli te same czynniki wciąż działały od 100 mil. lat. trzebaby chyba przyjść że stąd

A nie mamy powodu do przypuszczenia, że zawartość radu dawniej była inna, gdyż rad wprawdzie (przechodząc przez pośr. stany [illegible] „emanacji"?) rozkłada się z czasem, ale z drugiej strony wciąż na nowo z uranu powstaje, tak że w długich okresach ustalić się musi pewien stan równowagi. Czy przyjąć chyba, że uran i rad znajdują się tylko w zewnętrznych warstwach, że n. p. pochodzą od meteorytów? To byłaby wymówka wygodna, ale wyglądająca bardzo na hipotezę umyślnie ad hoc stworzoną (i tem mniej prawdop. że według dotychcz. pomiarów meteor. żelazo posiada bardzo mało, kamienne meteor. nie więcej ...). W każdym razie, nawet jeśli się skłania ku tego rodzaju wytłomaczeniu, przyznać trzeba że produkcya ciepła radu (według powyższych cyfr) jest czynnikiem pierwszorzędnym w termicznej gospodarce ciała ziemskiego, a wskutek tego także (czynnikiem pierwszorzędnym dla wyjaśnienia sił z kontrakcyą lub w. zwiazanych) w całej historyi ziemi. Lokalne anomalie w zawartości uranu i radu mogłyby nawet mieć skutki wiele donioślejsze niż owe drobne czynniki które Mellard Reade narzucił w myśl teoryi ekspansyjnej. Jest to pole niewyczerpane do więcej lub mniej dowolnych spekulacyi, ale dopóki (nie zostanie rozwiązane) zagadnienie: jaka była i jaka jest zawartość (ciał promieniotwórczych we) wnętrzu ziemi? – a czy ono będzie kiedyś rozwiązane? – dopóty wszelkie (tego rodzaju) dedukcyjne teorye górotwórcze – między niemi także dawna teorya kontrakcyjna pozostaną (chwiejnemi niezasadnionemi) hipotezami.

Wynik ich jest rozczarujący, gdyż brak nam podstaw wszelkich do wybudowania dedukcyjnej teoryi i na razie rozstrzygnąć nie możemy między różnemi możliwościami. Stwierdzić jednak się należy na faktach że powstać mogą ogromne naprężenia w skorupie ziemskiej – nie wchodząc bliżej w analizę ich pochodzenia – możemy jednak się starać dojść przynajmniej do zrozumienia szczegółowego mechanizmu jak (wskutek takich sił powstać mogły) różne zjawiska tektoniczne

Takim sposobem było to odwrócenie kierunku myśli: o siłach i przyczynach wywołujących je. (z symptomatów obserwowanych)

Kilkakrotnie poprzednio już na to uwagę zwracaliśmy że skutek naprężeń działających w zewnętrznych warstwach ziemi będzie zależeć od rodzaju związku ich z wewnętrznym jądrem, dla tego musimy wyjść (Konieczne nam zagłębić) Dziedzinie naszej. Ponieważ jednak nie znamy więc oddzielnie 2 teorye grzęzną od rozważań nad tem. Zatem zaczniemy od szczegółowych zagadnień z tej dziedziny.

Ezyma teorya [illegible] opanujmy ją zupełnie do granic sprzeczności. Technika istniejąca się sprowadzi [illegible] następuje łamanie ...

P 7

Jako przykład takich spekulacji, wyróżniający się [illegible] rozumowania, ale – według mego zdania – mimo to zasługujący na więcej uwagi niż inne, przytoczę tu

~~Do rzędu takich ciekawszych spekulacji trzeba też zaliczyć~~ poglądy wyłuszczone przez p. Wolffa w pracy, ~~bardzo zresztą ciekawej i poważnej,~~ (Die vulkanische Kraft und die radioaktiven Vorgänge in der Erde Z. d. D. g. S. 60 p. 431 1908

~~o której choć kiedyś~~ ~~tutaj wspomnieć wypada~~ p.t.)

4

Wolff jest zwolennikiem (Richthofena i Stübla) teorii wulkanicznej, według której źródłem energii w zjawiskach wulkanicznych ~~jest~~ miałoby być zwiększenie objętości (magmy wulkanicznej występujące w skutek przy krzepnięciu). Ponieważ jednak eksperymentalnie stwierdzono (m. p. Barus) że skały wulkaniczne w wszystkich warunkach się (pierwotnie zachowuję) t.j. [tak samo jak prawie wszystkie inne ciała – z wyjątkiem wody i bizmutu] że (się kurczą przy krzepnięciu, ~~a~~ nie rozszerzają, lecz o wpływie ciśnienia na to zjawisko.) przeto Wolff ucieka się do hipotezy Tammanna (według której tyje w taki sposób wprawdzie zachowuje się ciało w stanie normalnym t. j. o przy ~~warunkach~~ atmosferycznem ciśnieniu, gdy podlega zaś jednak przy (wyższych ciśnieniach) zaś owo kurczenie się ~~jest~~ zmniejsza) a powyżej pewnej granicznej wartości odpowiednio głębokości 150 km (którą np. Wolff dla skał przyjmuje 40.000 atm.) zamiast kurczenia występowałoby rozszerzenie przy krzepnięciu. W głębokościach większych niż 150 km magma zachowywałaby się zatem tak jak to owa teorya wulkanizmu przyjmuje.

Owa hipoteza Tammana, nawiasem mówiąc, wydaje się wprawdzie (z różnych powodów) dość prawdopodobną, ale zawsze polega tylko na śmiałej ~~ogólnie~~ ekstrapolacyi wyników empirycznych osiągniętych przy niższych ciśnieniach, i bynajmniej jako pewnik uważanym być nie może, a tem więcej liczby przyjęte przez Wolffa polegają na bardzo ~~dość~~ niepewnych podstawach.

Ale przyjąwszy owe założenia, trzeba jeszcze rozważyć, czy także w głębokościach powyżej 150 km (będzie się krzepnięcie) odbywać, gdzie owa teorya ~~straciłaby wszelki grunt pod~~ stałaby się oczywiście bezprzedmiotową gdyby np. cała kula ziemska była w stałym stanie skupienia lub gdyby całe wnętrze (było ciekłe. ~~i~~ skorupa stała była cieńsza od 150 km. ~~aż do mniejszych głębokości jak 150 km pod powierzchnią~~)

Ta część pracy, odnosząca się do stanu skupienia wnętrza ziemi, tu nas najbardziej interesuje.

Zasadnicze założenie Wolffa jest to, że ziemia wprawdzie trochę stygnie ale pierwotną część (na zewnątrz utraconego ciepła) ~~pobiera z~~ pokrywa kompensuje przez produkcyę ciepła radu, a w dalszych obliczeniach ~~później~~ wprost przyjmuje że te czynniki się zupełnie równoważą, tak że rozkład temperatury z czasem się wcale nie zmienia.

~~Ów zasadniczy problem zaś, jak sobie znaczny zawartości radowej skał zewnętrznych sobie wytłomaczyć~~

~~Wskutek tego~~ Autor zatem musi oczywiście przyjąć, jak to poprzednio zaznaczyliśmy, że zewnętrzne warstwy silnie radonośne sięgają tylko do ~~niewielkiej~~ stosunkowo niewielkiej głębokości [48 km jeżeli ich zawartość radu jest 11.00. 10^{-12} $\frac{gr}{cm^3}$, 73 km dla zawartości 7·28], podczas gdy ~~całe wnętrze jest~~ ~~wolne od~~ pozbawione ~~prawie~~ promieniotwórczych.

Fundamentalny ~~zagadnienie~~ problem jakoby było przyczyną (~~mego~~) takiego ~~z każdy~~ nagromadzenia radu w zewnętrznych warstwach ~~podczas gdy~~ a (całe wnętrze ziemi byłoby pozbawione promieniotwórczości, autor usiłuje rozwiązać przez przyjęcie ~~przychylając się do~~ hipotezy że promieniotwórczość ciał (zależy od ciśnienia któremu one podlegają, a mianowicie że maleje z rosnącem ciśnieniem. Wolff przyjmuje zatem że cała ziemia zawiera substancye promieniotwórcze, ale że zjawisko promieniotwórczości, związane z produkcyą ciepła, odbywać się może tylko tam (w zewnętrznych warstwach) ziemi, gdzie ciśnienie jest stosunkowo małe, t.j. ~~się odbywać może~~ którym grozi

Przyjąwszy takie hipotezy dalej już można wnioskować z matematyczną ścisłością obliczając rozkład ~~temperatury~~ temperatury. ~~[illegible]~~ Temperatura wzrastałaby stopniowo ~~zmienna tylko~~ w obrębie warstw radioaktywnych, a ~~w~~ większej głębokości miałaby już stałą wartość [np. 1200° w razie zawartości 7·28, 800° w razie zawartości 11·00] ~~[illegible]~~ od zawartości radowej trzebaby teraz rozróżnić trzy przypadki możliwości: 1). Jeżeli zawartość jest większa od 8·0 . 10^{-12}, w takim razie (stała skorupa musi źle grubość ~~[illegible]~~ znaczną, w każdym razie wiele większą od 150 km. Może też (o czem autor nie wspomina) całe wnętrze być (w stanie stałem. (temperatura wnętrza jest stosunkowo niska) 2). Jeżeli zawartość radu jest mniejsza od 8·0, a większa od 7·6, w takim razie w głębokości od jakich 50 do 100 km istniałaby warstwa

8

ciekłą magma, poniżej znów warstwa stała, może grubości 100 km, a wnętrze byłoby ciekłe.

3). W razie zawartości mniejszej niż 7.6 [illegible] mieć (zewnętrzną) skorupę stałą o grubości przeszło 70 km a całe wnętrze byłoby ciekłe. Wulff oświadcza się za drugim przypadkiem, z tych powodów które swoją drogą jeszcze dyskusji podlegają. Krzepnięcie magmy na wewnętrznej powierzchni wewnętrznej skorupy stałej (zatem w głębokościach rzędu 200 km) byłoby owym domniemanem źródłem sił wulkanicznych.

Rozważmy uprawnienie tej teoryi. Argumentacyom rachunkowym nic zarzucić nie można z wyjątkiem — że się opierają na najzupełniej chwiejnych podstawach! Przedewszystkiem hipoteza że promieniotwórczość się zmniejsza z ciśnieniem, nie jest wcale udowodniona. Przeciwnie, wiemy że promieniotwórczość jest właściwością atomową, i według dotychczasowych badań doświadczalnych od warunków zewnętrznych, mianowicie też od temperatury, najzupełniej niezależną. (Hipoteza o wpływie ciśnienia za nadzwyczaj nieprawdopodobną.

Zdaje się że nie wykonano jeszcze pomiarów pod ciśnieniem kilkutysięcy atmosfer, ale dotąd wiemy musimy uważać [illegible] (ale dzisiaj wiemy)

W związku z tem jest (najzupełniej dowolne) przyjęcie że promieniotwórczość zewnętrznych warstw jest wszędzie jednakowa a wewnętrznych ściśle równa zeru. Z równem prawem możnaby przyjąć najróżniejsze inne rodzaje rozkładu, któreby powodowały odmienne układy temperatury i któreby n. p. wykluczyły możliwość przypadku (2).

Nie jesteśmy też wcale uprawnieni do przyjęcia że rozkład temperatury (jest niezmienny z czasem i) odpowiada równowadze termicznej

Nie wchodząc zaś w dyskusyę [illegible] podstaw odnośnie do tej teoryi. Tylko tyle przyznać możemy z

Krótko mówiąc udało się autorowi tylko udowodnić że jego teorya (wyrażony przypadek 2) nie jest niemożliwa, ale zdaje się że jest ona zupełnie nieprawdopodobna.

Pytanie zresztą czy wielka z niej byłaby korzyść dla teoryi wulkanizmu, gdyż stygnięcie zewnętrznych warstw w każdym razie jest szybsze od wewnętrznych, więc kurczenie się zewnętrznej magmy krzepnącej musiałoby pokrywać rozszerzenie się wewnętrznej magmy, i w ogóle nie zdaje się żeby źródło sił wulkanicznych można szukać w głębokościach 200 km.

A do rozstrzygnięcia kwestyi czy wnętrze ziemi jest ciekłe czy stałe nic te rozważania się nie przyczyniają, bo właśnie nie znamy podstawowych tj. rozkładu zawartości radu

Spekulacye takie są bardzo ciekawe ale wynik

d

F

(Wracając do teoryi kontrakcyjnej) to (Zdaje mi się rzeczą pewną że ona musi doznać pewnych modyfikacyi dla uwzględnienia wpływów promieniotwórczości), może nawet należy przypuścić możliwość miejscowych dylatacyi zamiast kontrakcyi — (ale jak daleko to sięgają czy) to (zupełnie) długo jeszcze będzie kwestyą nierozstrzygniętą. Ale sądzę że mimo to pozostaje i w obrębie teoryi [illegible] pewne pole badań teoretyczno matematycznych. Mianowicie

F

Wyżej

Potem takie
V d Borne

Teorya spężystości daje nam do poznania, a zatem kształtów [illegible] przez dany układ sił spowodowanych oraz do oznaczenia warunków pod którymi nastąpić musi złamanie. Co do tego ostatniego zjawiska chciałbym jeszcze kilka słów dorzucić gdyż (tutaj) [illegible] kwestya o pierwszorzędnej ważności dla geologii zostało do pewnego stopnia wyjaśnione przez badania w ostatnich latach wykonane. Chodzi o warunki od których zależy pęknięcie lub złamanie się ciała F

mogą uzyjemy sobie sprawę zdać z uprawnienia różnych zarzutów [illegible] teorii ... w ostatnich czasach przeciwko tej teorii podnoszonych.

Q

Porównywalny [illegible] kilka podstawowych kwestyi związanych z mechanizmem sprężystości górotwórczych, ale co do [illegible] tyzykalnymi podstawami (ogląd) (ograniczam się ...) ale teoretyczną kwestyą teorii dających się zastosować do konkretnych problemów tektonicznych gdyż te badania są dopiero w zaczątku.

(pomijając jedną specyalną kwestyę tektoniczną ...) Przy końcu chciałbym jeszcze jedną tezę postawioną [illegible] zarzutów równie namiętnie z jednej strony bronionej jak z drugiej strony zwalczanej (jako fizycznie niemożliwej).

(Rozsadzenie ... (Amperera: teoria [illegible]): fałd leżącego o szerokości 100 km ... (200 km jest połączone z skróceniem strefy podległej fałdowaniu o) o taką samą długość zatem musiała się skrócić odległość między „korzeniem" płyty ciśnącej i płyty spoczywającej, to znaczy między miejscami gdzie warstwa podległa fałdowaniu już stale zrośnięta z podkładem warstwami. Ponieważ zaś skurczenie warstwy podkładowej tylko mogło wynosić chyba bardzo mały procent ich długości pierwotnej, przeto wynika że odległość między korzeniem płyty pchającej a spoczywającej musi być bezporównania większa niż owe 200 km, czyli płyta powodująca fałd musi być nadzwyczajnie odległa od samego podnoża fałdu. Fałdy leżące mogą się zatem tylko wytworzyć jako zjawiska nadbrzeżne płyt o bezporównania większych rozmiarach niż rozmiary samego fałdu. To zaś według Ampferera jest w sprzeczności z [illegible] przez niego utrzymywaną niemożliwością przenoszenia bocznych działań skompresowanych na wielkie odległości, oraz z często obserwowanemi przegięciami fałdów, [illegible] podpowiedź (Unterschiebung) która by mogła wytworzyć tak wielkie fałdy leżące i z tego wniosku, że teorya Sch.-Z. nie da się utrzymać w połączeniu z teorią kontrakcyjną.

Przeciwko temu (zaś podnosi trzeba ... że polega on na wyobrażeniu jakoby warstwy były nierozerwalne tak np. jak kartki książki, podczas gdy w rzeczywistości grubość ich a w skutek tego też szerokość może być zmienną np. fałdu może być zupełnie wygnieciona.

Z. że twierdzenie o niemożliwości przenoszenia ciśnień na odległości jest zupełnie błędne jak już poprzednio udowodniłem. Ale płaszcz mógłby, dobyty się zresztą do pewnego stopnia obronić płyty wyższe podkładowe wobec płaszcza stałego stanu skupienia. Tymczasem plastyczność wytwarza umożliwia zupełnie dowolne przesunięcia skorupy względem podkładu — jeśli tylko na to pozwalamy im dostatecznie długiego czasu. Widzimy że wobec płynnego lub jak my pojmujemy plastycznego wnętrza wogóle Ampferowski pojęcie „korzeni" nie ma sensu.

Poważniejszym wydaje się inny zarzut. Mellard Reade (w Geolog. Mag. V p. 518 (1908)) (dowięcejszych 100 mil ang.) o możliwości tak ogromnych nasunięć jakie przyjmuje Lugeon i inni; [illegible] Wyobraźmy sobie, powiada, płytę skał pewnej grubości, a długości i szerokości 100 mil angielskich, leżącą dróbly na zupełnie gładkiej (albo nawet smarowanej podstawie); czy może istnieć taka siła która by była w stanie ową płytę przesunąć? Zarzut ten zdaje się głębszego znaczenia jeśli go

wyrazimy w ścisłejszej formie. Oznaczając grubość, szerokość i długość płyty przez znaki a, b, c, gęstość przez ρ przyspieszenie ciężkości przez g, widzimy że ciężar owej płyty wynosi abcρg, a siła potrzebna do przesunięcia jej na podstawie będzie według znanych reguł: ε abcρg, jeśli ε oznacza spółczynnik wielkości: a w razie smarowania: spółczynnik tarcia skały o materyał podstawy. Siła ta przyczepiona być musiałaby do przekroju o powierzchni bc, tak że przypadające ciśnienie na jednostkę powierzchni byłoby ε a ρ g; podstawiając liczbę a = 180 km, ε =

czyli takie wielkie jak ciśnienie słupa pionowego o wysokości εa

widzimy że siła przekroczyłaby 5 razy (nawet dla granitu) wytrzymałość jego. Więc pchając z taką siłą rozkruszyłoby się owa płytę, ale nie poruszyłoby się jej z miejsca. — Rachunek zdaje się niezbitym, a jednak niczego nie dowodzi.

Po pierwsze znów uwzględnić trzeba plastyczność materyału, która oczywiście jest koniecznem założeniem owej teoryi. Jeśli owa płyta spoczywać będzie (na podstawie posiadającej pewien stopień plastyczności (np. na cienkiej warstwie smoły) nie na ciele idealnie sztywnem (...) to w grę wchodzić będzie nie prawo tarcia ciał stałych lecz (odmienne zupełnie prawo) tarcia wewnętrznego takiego materyału, analogiczne do prawa tarcia w cieczach lepkich. W takim razie nawet siła dowolnie mała spowoduje ruch całej płyty, co prawda odpowiednio powolny. Można powiedzieć że w takim razie pchając jednym palcem poruszymy całą ową płytę — jeśli tylko dostatecznie długo będziemy pchać.

Dalej zaś jeszcze zauważę, że nawet przy użyciu materyałów całkiem nieplastycznych taki ruch musiałby powstać, gdyby płaszczyzna podkładowa była odpowiednio nachylona; w powyższym przykładzie już nachylenie 1: =

do tego by wystarczyło. Wszelki zdaje się że tego rodzaju współudział ciężkości ważny moment stanowiący ... ważną rolę odgrywać musi przy

(przy genezie) genezie asymetryi fałd, a w szczególności (fałd płaszczowin.

⊚

(Nie sądzę wogóle) żeby ze stanowiska fizyki można podnieść stanowczy zarzut przeciwko owej teoryi. Odkształcenia które ona przyjmuje różnią się (tylko ilościowo ale nie jakościowo) od (przykładów deformacyi skał przez dawne teorye przyjmowanych; (w porównaniu z teoryami zwolennik ich musi tylko dawniej (nie wchodzę oczywiście w sporną różnicę w interpretacyi stosunków geologicznych, ale pod względem fizycznym) przyjąć wyższy stopień plastyczności lub odpowiednio dłuższy czas trwania zjawiska — a pod tym względem nie widzę żadnej niemożliwości. Oczywiście rozumie się że przyjąć trzeba iż zjawisko zazwyczaj odbywało się pod grubym płaszczem warstw powierzchownych, aby wytłomaczyć wyższy stopień plastyczności wskutek wyższej temperatury i wysokiego ciśnienia.

Na razie musimy się ograniczyć na takich ogólnikowych powiedzeniach i ani myśleć jeszcze nie możemy o jakichś określeniach liczbowych, ale nie podlega wątpliwości że dokładniejsze doświadczalne badania nad zjawiskami plastyczności oraz uwzględnienie ich w teoryi wytrzymałości dadzą nam kiedyś także środki stwarza[?] nam drogi ku ... które temu celowi odpowiadające.

Wypada tu zwrócić uwagę na ciekawe bardzo doświadczenia profesora Sollas (Quart. Journal Geol. Soc. 62 p. 716 (1906)) nad ruchem smoły. (Warstwy tej substancyi (Nałożono równoległe) nad klinowatą masą smoły tak że powierzchnie ich były początkowo równomiernie nachylone. Wskutek ciężkości rozpłynęła się smoła (reprezentująca masę gnejsową Alpu) (o wyższej lepkości mniejszy rozczęsto i przykryła z czasem przez silniejszą wyniosłość na dnie naczynia umieszczoną. całą masę i skonstatowano że przy warstwy utworzyły płaszczowiny wraz z digitacjami zupełnie analogiczne do tych które widzimy na przekrojach Lugeona.

3. 17 / 9.1 / 22.14 / 88.5 / 3100 / 370 / 39.7 / 27.3 / 273 = 11

W prawdzie Prof. Bonney (Quart. J. 63 p. 294, 1907) sprzeciwia się porównaniu tych doświadczeń z genezą alpejskich płaszczowin i wogóle ostro występuje przeciwko teoryi Lugeona, ale nie sądzę żeby jego zarzuty były przekonywujące. Nie możemy oczywiście dyskutować nad kwestyą [illegible] (— wbrew opinii [illegible]) czy Bonney ma racyę rozdzielając tryasowe „schistes lustrés" Lugeona na dwa odmienne i różnowiekowe typy, z czem by upadła jedna z podstaw teoryi Lugeona w zastosowaniu do Alp szwajcarskich. Ale chodzi o ogólną kwestyę możliwości wytworzenia takich płaszczowin. Bonney podnosi że w doświadczeniach Sollasa nachylenie stoków powierzchni oraz stosunek rozmiarów pionowych do rozmiarów poziomych jest znacznie korzystniejszy dla tego rodzaju zjawisk niż w Alpach a przedewszystkiem kładzie nacisk na fakt niewątpliwy, że skała i smoła to co innego. Ale też nikt nie twierdził żeby płaszczowiny alpejskie się kiedy utworzyły tak u Sollasa w przeciągu dwóch miesięcy! Bonney sam uznaje znaczenie doświadczeń Tresca nad płynięciem metali i Adamsa nad plastycznością marmuru, ale nie chce się zdecydować na „przerzucanie mostów między skałami a cieczami lepkiemi". A czy uprzytomnił sobie różnicę jednego roku a miliona lat?

Jesteśmy zbyt przyzwyczajeni do obserwowania w zwykłych warunkach że tz. ciała stałe przy przekroczeniu granicy wytrzymałości kruszą i rozpadają się na oddzielne kawałki. Wspominałem już że to w głębokości większej niż ca 3000 m wskutek ogromnego ciśnienia wogóle jest niemożliwe. Mogą powstać pęknięcia a co ważniejsza przesunięcia pojedynczych części ale ciało nie przestanie tworzyć zbitej masy. Zostanie wówczas nawet bez [illegible] zlepiającej wnet, z oddzielnych ziarn piasku, szuter powstają z czasem piaskowce, konglomeraty itp. Pytanie tylko czy owe (bez wielkiego ciśnienia) wszystkie z jako drobne pęknięcia występują wyłącznie w kilku miejscach czyli uskoki, czy też rozdzielą się na wielką ilość drobnych, przesunięcia ewentualnie mikroskopijnie drobnych, pęknięć dojść mogą do zjawisk które pozwolimy określić jako quasi-plastyczność czy też obejdzie się bez jakiejkolwiek widocznej zmiany ciągłości jak w zjawiskach właściwej plastyczności.

Ta kwestya w każdym danym przypadku inaczej się rozwiąże zależnie od rodzaju sił działających, rodzaju materyału, [illegible] i wielkości [illegible] i czasu trwania; i w każdym razie nie znając tych danych musimy uznać apodyktyczne zaprzeczenie w rodzaju zdania Bonneya za zupełnie nieuzasadnione.

A także uwzględnić trzeba pewne dodatkowe czynniki (które w przyrodzie mogły się [illegible]) sprzyjające t.j. wpływ ciśnień poziomych oraz pewną plastyczność podkładu.

⓪

17.11.12

13.6
78

17.10.13 / 13.6 = 170 / 6 = 28

W artykule niniejszym chciałbym [zastosowany przez krytyk. tekst] poddać krytycznej analizie kilka nowszych prac z zakresu tektoniki, ~~których~~ ~~wspólną cechą jest~~ wyróżniających się (metodą) spekulatywnego dedukcyjnego rozumowania ~~[illegible]~~ ~~które się wyróżniają~~ od wszystkich prac geologicznych ~~[illegible]~~ ostatnich [która nas upoważnia do zaliczenia ich raczej w zakres geofizyki] ; i ~~które zatem~~ [należących raczej] do zakresu geofizyki zaliczać należy [tematy z działu] [tam poruszone problemy] ~~[illegible]~~ na niektórymi

a przy tej sposobności a równocześnie chciałbym też uwagę zwrócić na [typowe] ~~[illegible]~~ (nowsze niektóre) badania fizyczne które się ściśle wiążą z ~~podstawowymi~~ ~~kwestyami tych~~ nauk.

Punkt wyjścia stanowi rozprawa Ampferera ... w której autor ten za pomocą ~~na podstawie~~ dedukcyi teoretyczno-fizycznej wyprowadza daleko idące wnioski co do mechanizmu zjawisk górotwórczych, dążąc się stwórzyć w zbiciu teoryi kontrakcyjnej tworzenia się gór, oraz postawieniu własnej teoryi górotwórczej. ~~Pewną nieufność~~ ~~wobec tych wyników wzbudza z góry już ta okoliczność że~~

Z pracą tą ogłoszoną w tak poważnym organie wypada się zaznajomić, choć z góry zaznaczam że wyniki jej uważam za zupełnie błędne, gdyż rozumowania autora nie tylko (grzeszą zupełnym) brakiem ścisłości matematycznej, niezbędnej w tego rodzaju spekulacyach (w całej pracy stron nie ma ani jednego wzoru matematycznego), ale w wielu razach stoją w sprzeczności z elementarnemi zasadami fizyki; a ~~[illegible]~~ w szczególności teoryi wytrzymałości.

Przejdźmy do jej zanalizowania.

97

7

zależność od sposobu połączenia z jednym

różne teorye — skorupa nad cieczą — sprzeczna z ... Thomson, Darwin etc.

i z sejsmologii

sprężystość jak stal — a z kąd izostazya

jak powstanie Kettengebirge — Organ stabilität

jak sprężyść ?

Plastyczność — zależność od czasu — dla sił 1 sec 1 min 1 dzień Rebeur ? tężeje jak metal sprężysty

dla 100 000 lat wnętrze ziemi jakby ciekłe więc jak sprężysta warstwa pływająca na cieczy

(braki izostazyi miejsca napięć)

Ach samo od sztywności przestrzennej ... czy Tamanię czy plastyczność

występowanie od Tamanna

Schardt Lugeon

Podstawą tych badań musi być oczyszczenie teoryi ortogenetycznej.

Podstawą tych badań musiby być oczyszczenie teoryi ortogenetyczności. Chcę ją jednak zastosować do skorupy ziemskiej aby bliżej zrozumieć mechanizm zjawisk górotwórczych.

~~Niestety chcę~~ ~~rozwiązać z teoryi ortogenetyczności o tektonicznem zachowaniu się skorupy ziemskiej~~ obec ... sił w jakiejś ... ~~sposób powstających~~ [ruchami poruszanymi orogenicznymi]: znowu spotykamy się z trudnością w zmienionej formie, gdyż podstawowym warunkiem rozwiązania takich zagadnień jest wiadomość sposobu jak skorupa zewnętrzna jest połączona z jądrem wewnętrznem. Nie można obejść tej trudności tak jak Ampferer [to czynił] wyobrażając sobie skorupę jako puste sklepienie, gdyż ... [widzieliśmy że byłoby to] całkiem [błędnym] [rozumowaniem]. [Nie można jej też rozwiązać rachunkami w rodzaju poprzednio wspomnianego, tylko trzeba się oprzeć na badaniach doświadczalnych.]

[Jak wiadomo] Są przedewszystkiem dwie hypotezy, których różni autorowie przy tego rodzaju spekulacyach [geofizycznych] się posługują. Według dawniejszych poglądów ziemia zachowywałaby się jak ciekła masa — „ciekło" w ... wszechstronnie ruchliwa jak np. woda — pokryta stosunkowo cienką skorupą stałą. Grubość tejże przyjmowano na ca [Dawną teoryę ciekłego wnętrza (a nawet gazowego) broniona przez dłuższy czas przez O. Fishera] ze względu na gradient geotermiczny i temperaturę topliwości lawy — [wewnątrz płynnej na takiej ziemi] wiele mniejszy niż ... [obecnie musimy uważać za] błędna. T. zw. [czterdziestodniowy] przypływ i odpływ morza musiałby być ... [przypływający ile ...] [na podstawie badań Th... Darw...] w rzeczywistości i drobne [przesunięcia osi ziemi obrotu] [przypadkowe] (Polbschwankungen) studyowane w ostatnich czasach musiałyby się odbywać inaczej niż w rzeczywistości. Jeszcze namacalniejszego dowodu dostarczyła nowoczesna seismologia, [wykazując], że przez [całą] ziemię przechodzą nie tylko fale podłużne, charakterystyczne dla ciał ciekłych i gazowych, [(pierwsza faza przedwstępna), ale także] fale poprzeczne, czyli raczej torsyonalne [(druga faza ... według ...)], które dowodzą sprężystości postaciowej materyału, [cechującej stały stan skupienia] ... statyst. Zdaje się wogóle że seismologia w pierwszym rzędzie jest powołaną do [w przyszłości]

*) Tzw. II Vorläufer

dostarczania nam wiadomości co do mechanicznych właściwości wnętrza ziemi, ... gdyż jej eksperymenta sięgają do dowolnych głębokości, a liczby ich jest nieograniczona.

Zdawałoby się zatem że powinniśmy przyjąć teoryę skrajnie przeciwną do tamtej: że ziemia jest całkowicie [cała] stałą [i sprężysta jak stal] ~~posiadającą według Thomsona teoryę którą ...~~ Darwina, Rudzkiego sprężystość mniejszą tego niż co stal lub szkło, a zgadza się z tem określeniem także prędkość fal [według Wiecherta] trzęsienia ziemi

? ? ?

*) Jest to zupełnie dostatecznie gdy ... ... zachowywałaby się jak ciecz.

Jednak także przeciwko takiemu przypuszczeniu podnoszą się poważne wątpliwości. Jakby w takim razie wytłomaczyć sobie owo dziwne zjawisko kompensacyi wykazanej przez pomiary siły ciężkości, a dowodzące że na ogół i w głębinach i na morzach równa ilość masy przypada na każdy element powierzchni ziemi. Wszak to znaczy że wszystkie części skorupy ziemi (unoszącej się) znajdują się w równowadze quasi hidrostatycznej, (tak jak kry lodu na wodzie pływające), i to pomimo że istniały procesy górotwórcze które niegdyś tę równowagę zakłócały. (pomimo że wznoszą się Himalaje i utworzyły się głębie oceanów) — byłoby to zupełnie niezrozumiałe gdyby ciało ziemi nie dostosowywało się z czasem do nierówności naciski. Sądzę że poważny argument przeciwko sztywności (ścisłej sprężystości) całego ciała ziemskiego stanowią też tak często we wszystkich częściach ziemi napotykane góry fałdowe. Nikt chyba nie przypuści żeby (przyczyną fałdowania były) siły (z wnętrza ziemi pochodzące) regularnie okresowo rozmieszczone, w miejscach grzbietów ku górze a w łękach ku dołowi działające. Naturalne wytłomaczenie, przez wszystkich dotychczas przyjmowane jest to że powstały one przez zgniecenie (skorupy w kierunku poziomym), tak jak powstają fałdy na obrusie. Jest to w związku ze owem już poprzednio wspomnianem znanem zagadnieniem z teoryi sprężystości rozwiązanem przez Eulera według którego pręt długi a cienki zgniatany przez siły w kierunku jego osi działające przyjąć może — pod pewnymi warunkami — kształt podobny do krzywej falowej t. zw. elastica. W teoryi sprężystości udowodniono (Byer) że tego rodzaju zjawiska powstać mogą jedynie w cienkich prętach lub cienkich płytach, nie zaś w ciele masywnem o trzech równorzędnych wymiarach. Skorupa ziemska nie może być zatem „zrosła" z wnętrzem, nie może tworzyć z niem całości jednolitej sprężystej masy, lecz musi być od wnętrza w pewien sposób oddzielona — tak jak w obrusie fałdy nie powstaną jeżeli jest do stołu przyklejony, tylko jeżeli może się ślizgać po jego powierzchni. Obydwa właśnie omawiane zjawiska wyjaśniłyby się najzupełniej na podstawie owej hipotezy o istnieniu cienkiej sztywnej skorupy na płynnem jądrze — którą jednak byliśmy zmuszeni porzucić. Jak pogodzić te sprzeczności?

O ile dotychczas sięgamy pogodzić dadzą się wszystkie owe fakty ponieważ na stałości wskazują zjawiska krótkotrwające a na płynność zjawiska długotrwające, — jako wyniki (a mianowicie możliwy je pojąć pewnego stopnia) plastyczności ciała ziemi. Stałego! Wypada zatem to kilkoma słowami bliżej objaśnić. Jest [illegible] i dalszej drogi poszukiwanie [illegible] dowodami.

Zanim jednak dalej postąpimy musimy się nieco bliżej zająć rozpatrzeniem zjawisk fizycznych, mających podstawowe znaczenie nie tylko dla kwestyi tu ściśle omawianej, ale również dla wielkich spekulacyi tektonicznych, międzynarodowych, a zwłaszcza dla teoryi Schardt-Lugeona, t. j. warunków wytrzymałości oraz zjawisk plastyczności ciał stałych. Na tem polu mamy bowiem pewne postępy w naszych czasach do zanotowania. Przystąpimy najpierw do kwestyi warunków wytrzymałości.

Od czego kwestya od czego zależy przerwanie ciągłości, czyli złamanie lub pęknięcie ciała niepodzielnego.

Jeżeli wogóle jeszcze pewne wątpliwości pod tym względem istnieją to pochodzą one z niejasności raczej niepewności co do roli zjawisk plastyczności mechanicznych właściwości ciał stałych wogóle.

Dokładniejsze poznanie ciał stałych, zwłaszcza warunków wytrzymałości oraz zjawisk plastyczności jest to zadanie fundamentalne tworzące podstawę do zrozumienia nie tylko tego problemu, ale do wielkich teoretycznych spekulacyi na polu tektoniki. Dla tego też, a zwłaszcza ponieważ później w związku z krótkiem sprawdzaniem teoryi Schardt-Lugeona o tem będzie mowa, pozwolę sobie zreferować na tem miejscu wyniki kilka nowszych postępów na polu dotyczących badań fizycznych.

8.

Obecny stan tej kwestji można streścić w następujący sposób. Dawna teorja ciekłego (wnętrza (albo nawet gazowego) jest dzisiaj (jako stanowczo błędna porzucona.) Z obliczeń zjawiska przypływu i odpływu morza wykonanych przez Zepla Kelvina, Darwina i Rayleigha, wysnuł się (po dłuższej dyskusji) ostatecznie (1903) stanowczy wniosek, że (t. zw. czternastodniowy przypływ jeden ze składników tego zjawiska musiałby być bezporównania mniejszy gdyby ziemia wewnątrz była ciekła, aniżeli jest w rzeczywistości. Wynika z nich że (musi ona być mniej więcej tyle sztywna co sprężystość stali. Zgadzają się z takiem określeniem (obserwacye zmian kierunku pionu wykonanych wzdłuż Hecker. (Zollkammer) — a podobnie albo nawet jeszcze większe) wynikają z zjawiska mutacyi Eulerowskiej (t. j. periodycznych przesunięć osi obrotu ziemi pochodzących o okresie 430 dni).

*) termodynamicznie w ogóle stan stałej amorficzny nie różni się od ciekłego, tylko od krystalicznego.

Broni jej zresztą jeszcze z wielką zaciętością O. Fisher, ale argumentów jego chyba nikt z dzisiejszych badaczy na polu geofizyki nie podziela. Tem więcej teorja gazowego, a nawet dysocyowanego wnętrza, Günther, Arrhenius o temperaturach dochodzących musimy uważać za fantazye bez żadnych naukowych podstaw, gdyż żadnej wskazówki co do istnienia takich temperatur nie posiadamy. Zresztą nie chodzi tu o rozróżnienie termodynamiczne różnych stanów skupienia, tylko o własności mechaniczne wspomniane, które zazwyczaj określamy nazwą stałej lub ciekłej; tylko co do nich możemy pewne wnioski wyciągnąć:

Należy tu wspomnieć przedewszystkiem o teorji, według której zewnętrzna skorupa ziemska, o grubości jakichś km byłaby oddzielona od stałego jądra wewnętrznego przez stosunkowo cienką warstwę ciekłej magmy. Zwolennicy tej teorji powołują się na okres głównych fal sejsmicznych wynoszący zwykle 18-20 sec., który interpretują jako czas drgania (w kierunku stycznym) owej zewnętrznej skorupy (Wiechert, Rebeur). Sądzę jednak, że (Nie tu miejsce na szczegółowe roztrząsanie tych kwestji) dałoby się to też inaczej wytłomaczyć aniżeli przez przyjęcie owej warstwy ciekłej. A przyznać trzeba że istnienie (nawet stosunkowo cienkiej warstwy ciekłej) nie łatwo pogodzić z argumentami (wyżej zaczerpniętemi które przeczą teorji ciekłego wnętrza przytoczonymi.

Dopóki te kwestje nie zostaną (zupełnie zadawalająco wyjaśnione), zdaje się (racyonalniej wiele trzymać się teorji wyznawanej przez „viscidistów" — Teorja ta godzi wszystkie owe fakty, gdyż...

Różnica tych teorji może nawet jest raczej ilościowa niż jakościowa, gdyż między a cieczami lepkiemi istnieć mogą wszystkie możliwe przejścia; różnica tych teorji zresztą wystąpić może jedynie w zjawiskach krótko-okresowych, o ile zaś chodzi o zjawiska długo trwające jak zjawiska górotwórcze, wyniki muszą być jednakowe; także pod przyjęciem stałego, ale do

Czyżby przyjąć np. tak ogromną lepkość owej magmy, żeby nawet w okresie 14 dni nie zdołała się dostosować do zjawiska przypływu i odpływu? Dyłoby to już przyjście do teorji w dalszym ciągu sztywnej, a różniące się tylko pod względem słów odnośnie. Pozostają jednak trudności wobec innych poprzednio wspomnianych zjawisk.

Wydaje się nam rzeczą nadzwyczajnie prawdopodobną

Z własności plastycznych ciał stałych wynika bowiem jak to w dalszym ciągu pokażemy, że także jeśli ziemia jest całkowicie stała przecież skorupa zewnętrzna wobec sił górotwórczych długotrwałych będzie się bardzo podobnie zachowywać jak gdyby pływała na ciekłym jądrze.

Wyjaśnienie całej kwestji zależy oczywiście od dokładnego poznania mechanicznych własności ciał stałych i to wogóle jest podstawą dla jakichkolwiek spekulacyi na polu mechaniki tektonicznej. Dlatego pozwolę sobie wpleść krótkie sprawozdanie o kilku nowszych badaniach w tej mierze, wszystkich wyników tak mało jeszcze poznanych dziedzinie, zwłaszcza że obchodzą one nas także ze względu na teorję [illegible]

gdy rozkład ciśnienia odpowiada prawom ciśnienia hydrostatycznego

tj. nienaprężonym (byłoby zero więc (nie ma mowy wtedy) o przekroczeniu granicy wytrzymałości. Tylko o ile powstaną (dodatkowe naprężenia wskutek przykładowo przyczyn (zmian temperatury i t.p.)) może się zdarzyć pęknięcie, tylko zjawisko i w ogóle owo ciśnienie „grawitacyjne" tu żadnej roli nie odgrywa) ten w takich głębokościach o tyle będzie się różnić o [illegible] w wszystkich warunkach, na powierzchni ziemi, że tam często pęknięcia mogą się przesunąć ale nie mogą się rozerwać w oddzielne kawałki

Wilkoma tylko punktami tych kwestyi wreszcie zbliżamy się zajmiemy.

Fundamentalną zasadniczą, podstawową dla geologii przyczyn zjawisk tektonicznych, jest oczywiście kwestya wytrzymałości. Warunki, od których zależy złamanie się ciała, mimo ogromnej doniosłości tej sprawy dla techniki, dotychczas nie są dostatecznie ściśle zbadane. Wiadomo, że w Anglii i Ameryce technicy przeważnie trzymają się reguły (Poisson, Lamé), że złamanie następuje gdy naprężenie (ciągnące lub ściskające) przekroczy pewną maksymalną wartość (również w zasięgu ciśnień, skręt...) (za Rankine, W. Thomson, Grashof) dopuszczalnego; w Niemczech i Francyi zaś jako kryterium wytrzymałości uważają maksymalną wartość maksymalnego wydłużenia (lub skrócenia).

Nie są to warunki identyczne, ponieważ wydłużenie w danym kierunku zależy nie tylko od siły w tym kierunku ciągnącej ale także od sił poprzecznych (...) (w rzeczywistości przedewszystkiem)

Tymczasem niewątpliwie jedna i druga teorya są (zupełnie) błędne i zdaje się że wytrzymałość zależy od wartości maksymalnego skrzywienia ("Scheerung") t.j. od zmiany kątów, czyli co na jedno wychodzi na to samo wychodzi od różnicy największego i najmniejszego spadku ciśnienia w danem miejscu panującego napięcia. *) Wiadomo bowiem że a więc od bezwzględnych wartości tylko. Teoryę tę wygłosił po raz pierwszy Coulomb, następnie za nią przemawiał Tresca, plastyczność ciał stałych pod wielkiemi ciśnieniami, ale zbliżona jest do niej także matematycznie udoskonaloną i nieco uogólnioną teorya Mohra (1882) a przytem jest także w [illegible] obejmując stanowczo uważano teoryę a sprzeciwiające się [illegible] dopiero w pracach W. Voigta (1899) zgadzające się przemawiały dokładne dowody doświadczalne.

Tym doświadczeniom zarzucano początkowo że dotyczyły one tylko takich ciał jak kryształy soli kamiennej

Częściej Noll

lub stopy parafiny i ale później Föppl (1899) używając materyałów technicznych (metali, kamieni etc.) ... przez ciśnienie dochodzące 3500 kg nie mógł zgniecenia ... do podobnych doszedł wyników, a zwłaszcza również wykonane przez amerykańskich techników (Hancock, Guest, Scoble) liczne próby wytrzymałości nad różnych materyałów oraz precyzyjna praca Williamsa stanowią poważne dla tej teoryi dowody. Różnicę tych teoryi w prostych przypadkach łatwo zrozumieć. Williams n.p. znalazł że pewien drut aluminiowy przerywa się na wolnem powietrzu przy obciążeniu 13·6 kg na mm^2. W/ Następnie doświadczenie w naczyniu gdzie drut był zanurzony (wytrzymał) ciśnieniu hidrostatycznemu 700 atmosfer, to znaczy 7 kg na mm^2; wtedy zatem przy zawieszeniu obciążenia p na drucie wypadkowe obciążenie działające na przekrój było tylko (p − 7 dodatkowe) a boczne ciśnienie p. Według teoryi a podobnie [illegible] potrzebaby zatem p = 20·6 kg aby drut przerwać, t.j. tak samo jakgdyby ciśnienie hidrost. wcale nie było tymczasem drut się przerwał przy 13·8 kg. Zgadza się to z teoryą Coulomba gdzie różnica obciążenia w kierunku osi drutu a prostopadłej do niej (początkowo zero) przez dodanie do jednego i drugiego ciśnienia hidrostatycznego oczywiście się nie zmieniła. (i z tego wynikają rozmaite konsekwencje dla geologii) dostrzegamy przy ciśnieniu atmosfer. Różnica owych teoryi w prostych warunkach niewielka ale kolosalna gdy chodzi o ciśnienie ziemskie. ... Wytrzymałość granitu wynosi koło ... czyli ciężar gęstość granitu słupa wysokości równa się podstawie. Gdyby zatem reguła Poissona była ważna to w głębokości większej niż 3.570 m. granit (już w stanie normalnym) musiałby być wszędzie na pył zmiażdżony i taki też stan musiałby być stan całego wnętrza ziemi. Dowództwo?

Tymczasem widzimy że w rzeczywistości (bezwzględna wartość ciśnienia jest prawie obojętna) tylko różnica ciśnienia (w kierunku pionowym i poziomym działającego) jest miarodajną, a ta w stanie normalnym zapewne bywa może być zero albo dowolnie mała, więc nie ma żadnego powodu do przekroczenia granicy wytrzymałości.

W związku z tem jest następująca kwestya. Powiedzieliśmy że największa możliwa wysokość słupa granitu wynosi 3570 m., a odnośnie liczby dla wapienia, piaskowca były jeszcze mniejsze. Wszak jednak istnieją góry wysokości 8800 m. a głębie oceanowe jeszcze większe, wszak nawet tunel.

Jakżeż to możliwe? (Literat!)

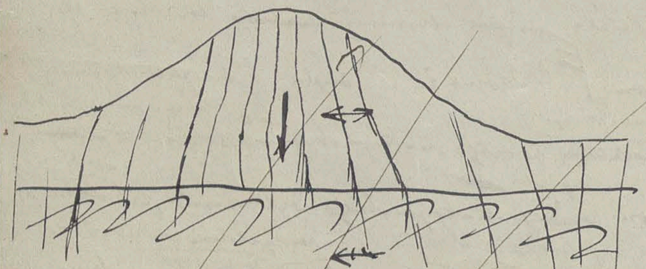
Według dawnych kryteryów wytrzymałości Poisson [illegible] byłoby to niewytłomaczalne. Obecnie zaś łatwo to zrozumiemy:

Zadania: równomierne ciśnienie w płycie; wyciskany krążek; wytrzymałość? Możliwość głębokich Dohrlochów?

13

(lub [illegible] niezależnej od większej głębokości)

Odpowiadają [illegible] ponieważ owe góry nie mają kształtów słupów pryzmatycznych. Pionowe ściany o większej wysokości [illegible] są niemożliwe, ale rzecz się zmienia zupełnie gdy chodzi o górę o stokach łagodniej nachylonych. Wyobraźmy sobie [illegible]



[illegible] podczas budowy tej góry nie istniała ciężkość i rozważmy jaki będzie potem wpływ powstania ciężkości. Powstaną pewne deformacje tak że linie pierwotnie pionowe przyjmą kształt przedstawiony, a z tym łączy się powstanie naprężeń ścinających w kierunku poziomym i tylko o ile różnica ciśnień pionowych a poziomych przekroczyłaby owę pewną wartość, musiałoby nastąpić złamanie. Popularniej jeszcze mówiąc: boczne stoki tworzą jakoby obręcz utrzymującą środkową część od rozpadnięcia się (wypierające one ciśnienie ku środkowi góry w kierunku poziomym skierowane i tylko gdyby różnica ciśnień pionowych a poziomych przer[illegible]). Możliwość istnienia gór wyższych nad 3 km będzie zatem zależna od nachylenia stoków. Nasuwa to ciekawe problematy z teorii wytrzymałości a skomplikowane jeszcze różnicą przyjęć co do stanu pierwotnego ([illegible]), ale widzimy że w samym faktcie istnienia takich gór nie ma nic dziwnego, a w podobny sposób rozwiązanie stosuje się również do wszystkich tuneli.

Niemniej rozpływanie się góry?

W zastosowaniu współczynników wytrzymałości danych co do wnętrza ziemi zauważyć trzeba po pierwsze że wytrzymałość zależy prawdopodobnie do pewnego stopnia od (wszechstronnego) ciśnienia — co Mohr w swej teorii uwzględnił. Zależność ta nie jest jeszcze znana ale zdaje się według poprzednio wspomnianych doświadczeń Voigta i Williamsa że jest stosunkowo nieznaczna. Natomiast od dawna wiemy gdyż codzienne doświadczenie nas tego uczy, że wytrzymałość w znacznej mierze zależy od temperatury, a mianowicie że zmniejsza się z rosnącą temperaturą. (podobnie jak sztywność i sprężystość) Właśnie w temperaturze topliwości wytrzymałość spada do zera gdyż ciała żadnej siły sprężystej nie przeciwstawiają zmianom postaci.

Tak np. wracając do owego przykładu wytrzymałości aluminium: ciśnienie 700 atm. wytrzymałości nie zmienia, takie ciśnienie panuje w ziemi w głębokości 2500 m., gdzie temp. jest 83° wyższa od powierzchniowej co według Pisatiego powoduje zmniejszenie wytrzymałości o 12%. Niestety nie posiadamy innych danych doświadczalnych aby móc liczbowo ocenić odnośne stosunki u materiałów skalnych ale to zdaje się pewne że w głębokości jakichś 30? km wytrzymałość będzie znacznie tylko małym ułamkiem wytrzymałości normalnej, obserwowanej w zwykłych warunkach na powierzchni ziemi.

A co w większych głębokościach? To jest znów w związku z zasadniczą kwestią co do temperatury głębi ziemi której trudności poprzednio wytłumaczyliśmy. Dawniej przyjmowano bez wahania w całym wnętrzu ziemi jako z wyjątkiem stosunkowo cienkiej warstwy zewnętrznej temperaturę 7000° T. = (Kelvin), inni nawet przypuszczali w częściach centralnych temperaturę tak wysoką że wszystkie materiały musiałyby się znajdować w stanie gazowym. (p. 11)

[illegible] wyjść [illegible] (jednak potrzebujemy tam ważniejszą rolę odgrywać będzie inne zjawisko: plastyczność. w porównaniu z wytrzymałością)

W całym głębszem warstwie

Przejdźmy obecnie do zjawiska plastyczności — zjawiska które w głębszych warstwach kwestya i do niego obecnie przechodzimy.

w porównaniu z wytrzym. [illegible] ...

[illegible] [illegible] [illegible] Stellen [illegible]!

Czy istnieje osobna wytrzymałość objętościowa? w przeciwieństwie do zwykłej wytrzymałości kształtu?

94

10

Granica wytrzymałości ogranicza się do zjawisk odkształceń sprężystych i warunków łamania — to jest zjawisko które technika najwięcej interesuje. Dla fizyka zaś są znacznie ważniejsze zjawiska trwałej deformacji, w których występuje plastyczność ciał. F Stopień plastyczności określamy w fizyce (za Maxwellem) t. zw. czasem relaksacji. Wyobraźmy sobie n. p. walcowaty kawał smoły wydłużony nagle o pewien drobny ułamek swej długości (i utrzymany stale w tym stanie przetworzony). W pierwszej chwili przedstawia takiemu wydłużeniu odpowiednie siły sprężystości, z czasem jednak siła ta maleje, czyli smoła akomoduje (przystosowuje) się stopniowo do wymuszonej na niej deformacji (dopóki granica wytrzymałości nie przekroczona). Otóż czas, w którym siła owa spadnie do $\frac{1}{2,7}$ części swej pierwotnej wartości nazywamy czasem relaksacji (czyli czasem zluźniania). W praktyce zwykle tak postępujemy że ciało do którego przykładamy stałą siłę wydłużającą, i wtedy (i to tem większą) z prędkością czem krótszy jest czas relaksacji, czyli czem plastyczniejsze ciało. ~~Zbadanie tego zjawiska komplikuje się tem że szybkość zluźniania sama zależy od wielkości siły działającej (i deformacji?). Przy osiągnięciu granicy wytrzymałości zluźnianie jest natychmiastowe — to właśnie nazywamy łamaniem się — ale w wielu materyałów da się wyróżnić już zawczasu [illegible]~~

(Ale w takim razie występuje pewna komplikacja wskutek tarcia wewnętrznego (szybkość relaksacyi))

Według teoryi kinetycznych przypuścić trzeba że wszystkie ciała są plastyczne, (i że różnice tylko ilościowe, co prawda ale) w zwykłych warunkach niektóre z nich posiadają czas relaksacyi ogromny, przekraczający może nawet wiele setek tysięcy lat, te nazywamy dobrze sprężystemi n. p. stal.

Niestety ilościowych danych co do czasów relaksacyi nie posiadamy jeszcze prawie żadnych, odnośne badania doświadczalne są dopiero w zaczątku, a także rozszerzenie teoryi sprężystości na te zjawiska mało jest opracowane (Literat.!) *) Natanson, Zaremba

~~Wiemy jednak że plastyczność ciał z reguły wzrasta z wzrostem temperatury.~~ Technologia żelaza; ~~Ale prócz tego wiadomo że takie te ciała stają się plastyczne przy zbliżeniu do granicy wytrzymałości.~~ dmuchanie szkła dają nam jaskrawe przykłady tego zjawiska.

podczas gdy inne, jak np. miękkie ciała wosk, paraffina itp. posiadają tak krótki czas zluźniania że trudno wogóle wykazać metodami statycznemi mierzyć ich sprężystość; udaje się to jednak bez trudności przy użyciu krótko trwałych sił, np. mierząc prędkość rozchodzenia się w nich drgań poprzecznych przy użyciu metod akustycznych. (* Stefan, S. m

(Wiadomo też że smoła jest natychmiast nie tylko sprężysta nawet bardzo kruche przy szybkim uderzeniu a jednak przy dłuższym trwaniu itd. płynąć jak ciecz.)

Jako typowy przykład ciała łączącego doskonałość sprężystości i plastyczność może posłużyć smoła.

Komplikuje się rzecz jeszcze tem że prawdopodobnie plastyczność zależy także od wielkości odkształcenia, nawet materyały w zwykłych warunkach prawie idealnie sprężyste jak żelazo, miedź stają się do pewnego stopnia plastycznemi przy zbliżeniu do granicy wytrzymałości a przy osiągnięciu jej zjawisko zluźniania jest prawie natychmiastowe — to właśnie nazywamy złamaniem.

Na podstawie znanych doświadczeń Tresca i Springa przypuszczają też zwykle że plastyczność wzrasta z (hidrostatycznem) ciśnieniem któremu materyał podlega. Wątpię jednak czy owe doświadczenia są co prawda dowodem wystarczającym, pierwsze doświadczenie Tresca nad wyciskaniem metali przez otwory wskutek ogromnych ciśnień mogą się polegają raczej na owym wzroście plastyczności przy zbliżeniu do granicy wytrzymałości, a Springa doświadczenia nad zaś ściśnięciu proszków w jednolitą masę — i tworzeniu tym sposobem stopów oraz związków chemicznych — dadzą się wytłumaczyć zmiażdżeniem i następnem spojeniem pojedyńczych ziarn. Przypominają one zjawiska quasi-plastyczności obserwowane w materyałach skalistych, zwłaszcza niejednorodnych, polegające na rozkruszeniu się masy na drobne cząstki i następnie utworzenia znów pozornie jednolitego materyału wskutek zrośnięcia się pod wielkiem ciśnieniem. zwłaszcza przy udziale t. zw. Bergfeuchtigkeit. *) Spring

Wiemy jednak z pewnością że istnieje wyraźna zależność plastyczności od temperatury, a mianowicie że wzrasta ona nadzwyczajnie ze wzrostem temperatury. Technologia żelaza i szkła opiera się w znacznej części na jaskrawych przykładach tego zjawiska. Liczbowych danych i tutaj niestety nie posiadamy, ale dla przykładu możemy się posłużyć na inne zjawisko zluźniania w swej istocie blisko związane z plastycznością tj. na zjawiska

Do tego samego zaś należy odnieść upadek wzmacniające przykłady przerwy plastyczności stosowanej w zwykłych doświadczeniach [illegible] Adams

16

dyfuzji ciał stałych, dowodzące również że u ciał tych napotykamy w słabszym stopniu cechy uważane częstokroć za charakterystyczne dla stanu ciekłego. Roberts Austen wykazał np. że złoto przy mało co podwyższonej temperaturze w znacznych ilościach dyfunduje przez ołów, a spółczynniki dyfuzji zmierzone w temperaturach

100°	165	200	251	550°	itp.
0·00002	0·004	0·007	0·03	3·19	

wyraźnie ilustrują wspomnianą zależność od temperatury.

Nie podlega to zatem żadnej wątpliwości że plastyczność warstw położonych w głębokościach 15 lub 30 km a posiadające tym więc temperatury musi być nieporównanie większa od plastyczności skał w stanie zwykłym, na powierzchni ziemi, że własności ich muszą się zbliżać do własności ciał miękkich, typu smoły. Gdyby np. czas relaksacji dla wnętrza był wielkości rzędu kilkuminutowej, drgania seismiczne przechodziłyby jak przez stałe ciało sprężyste, a wobec zjawisk przypływu i odpływu mogłaby ziemia zachowywać się tak samo, tak jak

Wobec długotrwałych sił górotwórczych zaś, które by trwały w mało co zmienionej formie przez dziesiątki, setki tysięcy lat ziemia zachowywałaby się (mniej więcej) jak kula lepkiej cieczy, pokryta (stosunkowo cienką niepłastyczną) skorupą stałą. (Także przy przyjęciu stałego stanu [illegible] całego jej wnętrza)

W pierwszym przybliżeniu możnaby zatem rozważania mechaniki tektonicznej oprzeć na założeniu że skorupa ziemska pływa na ciekłem (lepkiem) jądrze. Grubość tego co uważać będziemy za skorupę stałą musi zależeć pewnie od czasu trwania sił; dla krótko trwałych nagłych zaburzeń grubość tutaj by przyjść większą, dla długo trwałych mniejszą. Zjawiska kompensacji stają się zupełnie zrozumiałe (szczególności), a równocześnie wynika że miejsca gdzie kompensacja jest niezupełna, są (ważne nam mogą dać wskazówki jako oznaki) świeższych procesów tektonicznych, obecnie zakłócających równowagę hydrostatyczną.

To jest zatem owo założenie (choć tylko przybliżone) które możnaby przyjąć jako podstawę przedrozważań teoretycznych na polu tektoniki.

*) Według Wiecherta [illegible] Schüttelwellen [illegible] skorupa? Nie nad cieczą ale nad pewnem warstwem zmiana sprężystości.

i na której Ampferer powinien był oprzeć swe rozważania.

Wracając do rozprawy Ampferera zauważymy że w [illegible]

(mamy nie ma o) zrozumieniu powstania bocznego ciśnienia obkreślonego tyczącego, i mamy nie ma o zrozumieniu skorupy ziemskiej, gdzie skorupa ta pływa na ciekłym jądrze.

i widzimy też że ciśnienia górotwórcze mogą być przenoszone przez skorupę na dowolne odległości, o ile długo trwające są.

Sądzę że wypadałoby na podstawie takiego przedrozumowanego przyjęcia oraz przy pomocy matematycznej teorji sprężystości (zbadać warunków pod którymi powstałyby szereg fałd równoległych symetrycznych, asymetrycznych, fałd skrzywionych, pęknięcia, złamania i t. d. (najprostszych) i sądzę że dałoby nam to nieszczególny pogląd na mechanikę zjawisk tektonicznych. (Byłoby to pole do badań teoretycznych [illegible])

(dotychczas prawie wcale jeszcze nie uprawianem polu zamierzam na innem miejscu ogłosić. Pewne przyczynki do badań na tem)

Niechaj wolno mi przy tej sposobności (ze stanowiska fizyki) zaprotestować przeciwko wyrażeniu napotykanemu często nie tylko u Ampferera ale w licznych klasycznych dziełach geologicznych, o jednokierunkowości ciśnień, która miała być powodem asymetrji fałd, skrzywienia osi ich etc. (Wszelkie ciśnienia w ciele sprężystem) są dwustronne, t. zn. że ciśnieniu działającemu np. w kierunku NS odpowiada równe ciśnienie w kierunku SN. Jedyną siłą jednokierunkową która w tych wchodzić może w rachubę jest to „zewnętrzna" siła ciężkości, np. czyli składowa jej, która by na płaszczyźnie ku N nachylonej w tym kierunku działać musiała.

(1902) (1903)
Charakterystyczne są liczby znalezione przez Tammana przy powtórzeniu — w nieco odmiennej formie przydatniej do skutków geologicznych — słynnych doświadczeń francuza Tresca nad wyciskaniem metali przez otwory przeciskanych w skutek ogromnego ciśnienia. Pokazują one że wyciskanie różnych metali (jak cyna, bizmut, talium etc.) przy ciśnieniu dośw. użytem 1000 atm. sto lub kilkaset razy szybciej postępowało niż przy użyciu ciśnienia 500 atm. N. Jahrb. f. Min 1. 114 (1904)

Skutek wszechstronnego ogromnego ciśnienia ilustrują także dobitnie np. doświadczenia Rinnego (1904) nad wykoslawieniem kryształów soli, sylwinu, oblanych stopionym stearynem a następnie ściskanych w rurach miedzianych, a zwłaszcza obszerne wielostronne badania Springa nad spajaniem proszków w jednolitą masę za pomocą ogromnych ciśnień (zwłaszcza w pewnych razach przy udziale wilgoci), i nad tworzeniem tym sposobem stopów oraz związków chemicznych. Trudno wprawdzie odróżnić co z tego wszelkiego zjawisk przypisać należy właściwej plastyczności w poprzednio określonym sensie, a co polega na pękaniu i rozkruszeniu się masy na drobne cząstki, na przesuwaniu się i następnem zrastaniu się ich w jednolitą (albo pozornie jednolitą) masę. Takie zjawiska które moglibyśmy określić nazwą quasi-plastyczności (w przeciwstawieniu do właściwej plastyczności, obser. np. u smoły zapewne) w ciał zwarstwionych i krystalicznych wielką rolę odgrywa zatem zwłaszcza w masach skalistych (jak to np. dowiódł wykazał Sümbel (Münch. Ak. Wiss 1880. 596.

Dla geologii jednak to rozróżnienie jest obojętne gdyż skutki są takie same.

Faktem pozostanie że takie takie materyały mogą się okazać przynajmniej pozornie plastyczne przy użyciu wielkiego wszechstronnego ciśnienia, które by w zwykłych warunkach się rozkruszyły w pył. przy działaniu takich do samych sił

A że ... Tammer

Z Weber
Adam & Nicolson
Martens

Podczas gdy wskazany jest
Wiele wybitniejszy niż jemu wpływ ciśnienia jest jednak skutek podwyższenia temperatury. Wszak np. technologia żelaza i szkła opiera się w znacznej części na tem zjawisku u tych substancyi bardzo jaskrawo występującem. Niestety i tutaj bardzo mało jeszcze posiadamy obserwacyi ilościowych liczbowych. Wymienię pracę Reigera (1901) z której zresztą wynikają w znaleźć dla Kalafonii następujące liczby plastyczności w (odwrotności czasu relaksacyi):

12°	$2{\cdot}5 \cdot 10^{-7}$
30°	$7 \cdot 10^{-5}$
40°	$1{\cdot}4 \cdot 10^{-3}$
55°	$2{\cdot}5 \cdot 10^{-2}$

Podobny kolosalny wzrost plastyczności z temperaturą skonstatował Weydweller u stałego Mentholu.

Możnaby zarzucić że Kalafonia jest materyałem o tworzy wyjątkowych właściwościach. Reiger jednak pokazał że szkło które w zwykłej temperaturze jest typem ciała niepodatnego i kruchego, już nieco powyżej 300° staje się ciałem wyraźnie plastycznem (Plastyczność rzędu wielkości 10^{-5}). A również wybitnie występuje to zjawisko w poprzednio wspomnianych doświadczeniach Tammanna nad metalami.

Prędkość wypływu

Jakie z tego wynikają konsekwencye dla fizyki ziemi? Niewątpliwie plastyczność składników skalnych w głębokościach 10 km (a posiadających temperaturę o 300° wyższą od pow.) musi być niepomiernie większa od plastyczności ich w stanie zwykłym, na powierzchni ziemi, a w głębokościach 30 km stan ich może zbliżać się już do własności ciał miękkich, typu smoły. A opróc tego również zjawiska, które nazwaliśmy quasi-plastycznością, muszą tam odgrywać wraz wielką rolę dzięki wielkości wszechstronnego ciśnienia oraz obniżeniu wytrzymałości (z powodu wzrostu temperatury).

Niestety Wobec braku odnośnych doświadczeń nad skałami nie można wcale odważyć się na przypuszczenia ilościowe.

Tylko zauważymy że

Wobec sił odkształcających zatem

(W warstwach powierzch. ~~zatem~~ będzie się ujawniać tendencya do pęknięć i złamań a wgłębnych do odkształceń plastycznych (bruchlose Umformung). To by też tłomaczyło obserwacye ~~Wiąże z tem więże się też~~ ~~(fakt obserwowany dotąd)~~ ~~zjawisko~~ że epicentra trzęsień ziemi zazwyczaj leżą w bardzo ~~nie~~znacznej głębokości, kilku lub kilkunastu kilometrów.

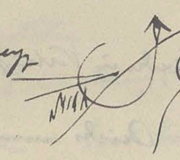
Somit aus allg. Erdkontr. können nur solche Formen hervorgehen welche durch Scholle und Faltungszug [illegible]

unmöglich durch Kontraktion ist die Erdoberfl. 12

p. 577 einseitigen Druck!

Kritik d. Erzeugung von Falten allein durch Volumenvergrößerung d. unterliegenden Massen

Kritik d. isostat. Erzeugung



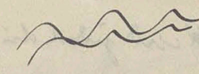
gewaltig

Kritik d. starren Ebenen-Theorie

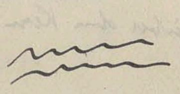
p. 581 ein oder zweiseitiger Druck!

Wurzeln der Überschiebung

Unterschied von Schublänge und Förderungslänge



Hin(Alpen) 2 × 20.000 km 120 km



wandernd

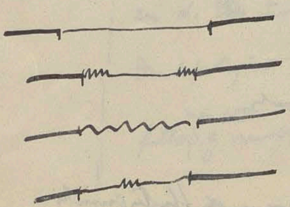
meist nur Faltungen beschränkter Schichtkomplexe

(archaische selten. oft nicht ist [illegible] überall gefaltet ?)

Wenn angedeuteter Streifen [illegible] gibt d. Gleiten [illegible] 2 [illegible] Falten entstehen

p. 586

Dagegen bei Faltung infolge „ein oder zweiseitigem“ Druck:



1

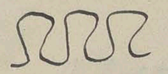
2 Ganz ausgeschlossen wegen der geringen Festigkeit d. Gesteine und besonders wegen d. gewaltigen Trägheit d. schweren Massen [!]

3 nimmt keine Rücksicht auf d. Grenzen und ist daher höchst unwahrscheinlich!

Gewölbe und Mulden stellen d. Zusammenpressung d. geringsten Widerstand entgegen solange sie nicht vollständig zugeklappt sind.

Wenn also Falten zwischen zusammendrängenden starren Stellen entstehen so müssen die äußersten die ältesten sein und müssen völlig zugeklappt sein (widerspricht allen tatsächlichen Beobachtungen)

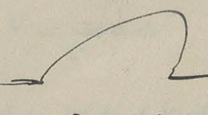
„Verkehrt ~~[illegible]~~ Strukturen“ (?!)



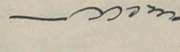
kann nicht in der Tiefe entstehen, ~~[illegible]~~ zeigt oberflächen Charakter

Höhe der Falten

Falten von 80–100 km Länge unmöglich durch einheitliche Aufwölbung



nur dann durch eine lang fortgesetzte Überwälzung



wobei jedoch die überwälzten Schichten (wenigstens falls sie sich frei an der Oberfläche bilden) zu Trümmermasse zerfallen müssen. Sie können wegen der geringen Zugfestigkeit nicht nach unten hineingezogen werden.

? | Eine Unterschiebung kann also niemals eine Überfalte erzeugen.

Kritik d. Schardt-Lugeon'schen Überfaltung

[? nur falls Decke unverändert

Überfalte von 100 km Breite muss aus 200 km breitem Streifen entstanden sein

so erfordert Zusammenpressung von 200 km auf 10?

müsste erzeugt werden durch Vorstoss der schiebenden Scholle um 190 km

das müsste erfordern dass die Wurzel ungeheuer weit weg liegt oder dass furchtbare Volumenschwankungen stattfinden was ganz ausgeschlossen

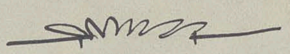
| Begriff der Wurzeln überhaupt zu verwerfen

Wenn aber die Wurzel weit weg liegt so Unmöglichkeit der Summation der Seitendrucke

Zur Überfalte gehört notwendig eine in ihren Ausmassen ungeheuer grössere erzeugende Scholle

dann könnten aber die Falten nicht so enge Bogen beschreiben wie dies tatsächlich der Fall ist?

p. 595 Widerstand d. trägen Masse!
[illegible] Ähnlich wie Abspaltung wäre Ausquetschung, wogegen jedoch dieselben Argumente:
p. 595 unten verständlich zusammengefasst

Gebirge mit nach auswärts gelegenen Überschiebungen können als Ergebnisse allgemeiner Kontraktion nur durch Unterschiebung gebildet werden 

Unterschiebungen von so bedeutender Wirkung sind nur denkbar entweder in Verbindung mit ungeheuren Volumenschwankungen der Unterlage oder im Gefolge von riesigen erzeugenden Schollen. Beides unmöglich.

Faltungsgebirge können nicht Randerscheinung von Schollen sein, sondern sind Streifen eigener Entstehungskraft

[illegible] gegen Möglichkeit solcher Eigenbewegung infolge Erdrotation

!!! [Keineswegs wird jedoch die Möglichkeit einer allmählichen stetigen Eigenrotation der äusseren Erdschale über den Kern geleugnet p. 599

Glut hypothese

Dafür sprechen 1). Reihe von Gründen p. 600 meist ganz richtig

Dagegen Voraussetzung ist ein Gefälle
verlangt also vertikale Bewegungen ist also nur Teilerklärung — Ganz richtig

---

Dagegen allgemeine Unterströmungen im Erdinnern aus physik. chem. Vorgängen
aber nicht bloss vertikale (wie Plutonismus) sondern auch seitliche welche allein die Faltungen erzeugen
Erde schlecht geronnener Körper

Also Erdantlitz sowohl tektonische wie sedimentäre Abbildung der verschiedenen Ströme d. Untergrundes

---

Diese Unterströmungstheorie wird also Hebungen und auch Senkungen erfordern

Tatsächlich sind die Hypothesen wonach nur Meeresschwankungen oder nur Senkungen stattgefunden hätten nicht haltbar, sondern man muss sowohl Hebungen wie Senkungen annehmen

Ausgangspunkt: Festigkeit Verhältn. d. ob. Erdzone

Änderung der [illegible] d. Seitendrucke [illegible]

Aufstellung d. Faltenformen [illegible] allseitiger Druck [illegible]

Tetraëderform [illegible] damit [illegible]

II Theil Anatomie d. Faltungen

besonders d. gestörten

typisch alpine Faltenstörung: horizontale ? Können nicht durch d. Last der Umgebung von der der Unterpunkte

erklärt werden. Sind keine (Formen passiver) [illegible] Kraftstreifen (?)

III Ablehnung d. Unterpunkte

IV Kritik

Nach Wegener: ~~Faltungs~~ Gewölbedruck d. freien Erdschale 1720 [illegible] Druckfestigkeit d. Granits

„Umarbeitungszone" und inneren Erdkern, über den nichts weiter bekannt ist

„[illegible] dimensionen [illegible]" (!) p. 595

[illegible] Verkleinerung d. Profile [illegible] Konstanten [illegible] (Härte, Reibungskoeff., Zug, Druckfestigkeit) [illegible]

[Es kommt darauf an, was das Profil illustrieren soll, wenn bloss gegenseitige Lagerung und Spannungsverhältnisse erörtert werden
Schichten, dann ~~kann~~ kommt das nicht in Betracht. Allerdings wenn es sich um das Verhältnis der Schwerkraftdruck
zu d. Festigkeit. [illegible] $\frac{\rho l \cdot g}{w}$ dimens. $\frac{m l}{l^3 t^2}$

Druckfestigkeit ausdrücken durch Höhe einer sich selbst zerquetschenden Säule
festigkeit „ $\frac{m}{l t^2} = \rho \frac{l^2}{t^2}$

falls ρ, g unverändert (nur Höhe), verkleinert sich (direkt prop.) Schwerkraftsdruck wie l, also muss Druckfestigkeit prop. l verkleinert werden (richtig)

falls dagegen Gravitationskraft: so verkleinert sich auch $g \propto \frac{l^3}{l^2}$, also Druckfestigkeit prop. l^2

Granit 2000 $\frac{kg}{cm^2}$ $l_d = 3570$ m

1: 10 000 $l_d = 357$ mm

[Höhere Säulen unmöglich
Tiefere Ostseebecken
Wie sind höhere Berge möglich? Anfangsspannungen?
~~Wenn~~ Welche ist die mögliche Grenzgestalt?]

Ein beliebig herausgeschnittener Theil vermag sich nicht [illegible]
[illegible] zerquetscht seinen eigenen unteren Theil

So wird die andere Erdschale [illegible] zusammen [illegible] angesprochen

Daher „Erdhaut"; [illegible]

[Der Untergrund drückt noch viel mehr!]

Erdkruste (stückenförmiger Ausschnitt längs größter Kugelkreise)

Gewölbe [illegible]

Rechtwinklig „Teilgewölbe" ergibt gerade Teilgewölbe nicht [illegible] „stabile arbeitende Kräfte"

[kleine Stücke d. Gewölbes können sich erhalten, aber nicht größere!]

I). gleichmäßige Kontraktion gleichf. Masse: allgemeine Zermalmung, Verdickung d. Rindenschicht, wahrscheinlich verbunden mit oberfl. Runzelung

falls man annimmt dass nicht Zermalmung sondern Faltung, so muss die Faltung ganz gleichmäßig sein

„Eine Theilung der Druckkräfte und Sammlung zu zwei einzigen Verschiebungen ist ausgeschlossen"

p. 549! „[illegible]"

[illegible] kontinuierlich [illegible]!

Globus [illegible] 12 cm [illegible] 1 cm dicken Oberfläche [illegible]: Also Verdickung und Runzelung

In Wirklichkeit ganz anders.

Also Ungleichmäßigkeiten?:

Also gleichmächtige Kontraktion und ungleichmächtige Massen

(p. 550 [illegible]!) [illegible]

[illegible] Summation [illegible] Lücke [illegible]

[illegible] „unmöglich können die gesammten Druckkräfte eine andere Richtung erlangen u. härter konzentriert werden". [illegible]!]

Also [illegible] gleichmächtige (gleichzeitige?!) Kontraktion [illegible] — Summation [illegible]

---

ungleichzeitige Kontraktion : stellenweises Einsinken

bringen [illegible] Volumverminderung (falls eine solche stattfindet) an [illegible] Stelle zum Austrag

Keine Fernleitung d. Überdruckes!

p. 554 [illegible] früher Erdkruste! [illegible]

---

p. 557 „Scheidegewölbe"

— [illegible] Falte [illegible] eine od. zwei Druckseiten ?!

ob sie durch ein oder zweiseitigen Schub entstanden ist kann in vielen Fällen aus der Form selbst entschieden werden

Druck immer [illegible]! [illegible] nur [illegible] sind erkennbar!

I. Gleichzeitige gleichmächtige Kontraktion: Zermalmung und Runzelung wie beim Erdkern

II ungleichmächtige Massen

[illegible] Kreisstücke (durch Rotation des Erdkernes!)

[illegible] Kugelschale d. Löchern durchsetzt denken [illegible] ~~[illegible]~~

Berechnung eines Kreis-Loches in einer gleich[illegible] komprimierten Platte! werden [illegible] Kreisfalten entstehen ?

[illegible] vom härtere Schollen getrennt durch weichere Sektionen: Fig 12

Faltenwall um jede Scholle

also auch keine Übertragung d. „mächtigen Druckseiten".

III Ungleichzeitige Kontraktion : einzelne Theile sinken ein, dabei können sie keine großen Seitendruckseiten

dann sinken die früher stehengebliebenen nach

das wird allerdings ein gewisser Steigung [illegible]

Unverständliches Ablösen p. 564–565

Zusammenfassend: p. 567 Unmöglichkeit der Vertheilung d. Gesamtdrucks

568 [illegible]

Also nur Schollen und Faltenzüge ; somit Abbildungen d. [illegible] örtlichen Verschiedenheiten des bewegten Untergrundes [anstatt bei allgem. gleichz. gleichm. Runzelung]

Ostalpen?: Jeder Faltungsstrang welcher noch zu teilen vermag kann nicht einheitlich sein sondern muss mindestens 1). aus zwei Faltungsfäden bestehen [illegible] im Widerspruch mit tatsächlichen Verhältnissen

2). [illegible] förmige Falte nicht möglich gemäß Kontraktionstheorie.

∴ ~~[illegible]~~ Falte : Apenninen, Karakorum etc. p. 573

! 3). Gebirgszüge welche ohne Absenkung große Teile d. Erdoberfläche durchschneiden können schon darum nicht aus Schnüren von Schollen hervorgehen weil es keine so großen einheitlichen geben kann (wegen mangelhafter Sektionsfestigkeit).

4). Schubrichtungen : Streckt von Schwerpunkt zum Rande der Scholle

daher scharfe Umbiegungen paralleler Falten unmöglich [wieder in Widerspruch mit Erfahrung

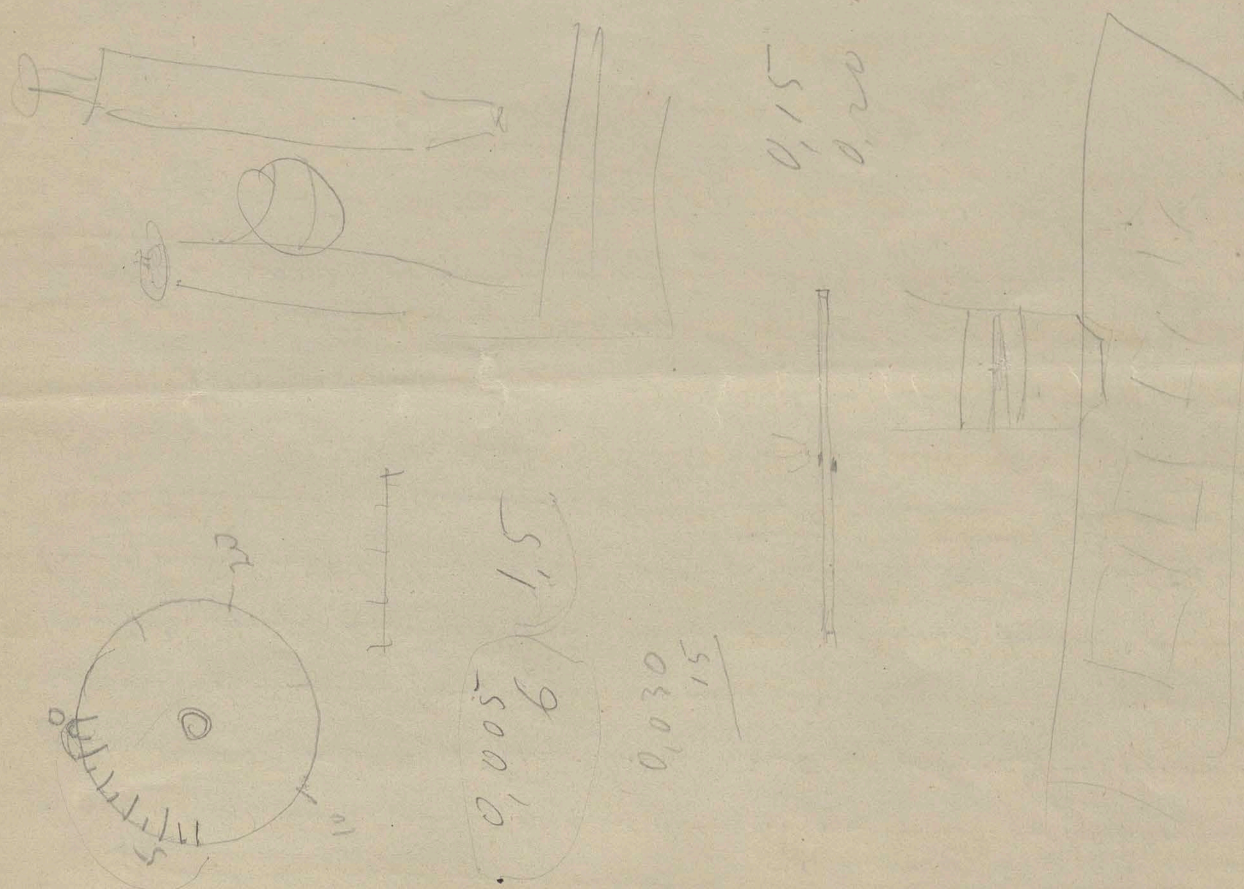
Faltenstränge mit solch glatten Umbiegungen beweisen sicher dass sie nicht als Randerscheinungen von starren Schollen aufgefasst werden können

p. 575 unverständlich

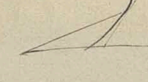
Die Möglichkeit der Spekulation über Tektonik ohne Frage beruht offenbar auf Unkenntnis der mechanischen Eigenschaften der Materie. Daher

Im Weiteren werden die neueren Untersuchungen von Voigt, Pöschl, Williams, Hancock über Plastizität besprochen, denen zufolge die Bruchgefahr nicht von dem Absolutbetrag der Spannungen sondern von der Differenz der Maximal und Minimal Spannungen an einer Stelle abhängt. Somit tritt bei allseitig gleichem Druck überhaupt keine Zertrümmerung ein, selbst falls derselbe beliebig groß ist. Hiermit ist die Grundlage der Heim'schen Theorie des latent plastischen Zustandes hinfällig geworden. Im Folgenden wird gezeigt dass auf Grund einer Darlegung der neueren experimentellen Arbeiten über Plastizität Heim theoretisch Recht hat eine mit der Tiefe wachsende Plastizität der Gesteine anzunehmen, allerdings tritt dies nicht in so geringen Tiefen und in solchem Ausmaß ein als Heim angenommen hatte. Der Grund ist nicht so sehr der Druck als vielmehr die Temperaturzunahme. Nebenbei treten allerdings noch Erscheinungen ein die vom Stoff als quasi Plastizität bezeichnet werden und die darauf beruhen dass bei Überschreiten der Festigkeitsgrenzen welche auf Druck beansprucht werden bei die bruchlose Umformung erleichtert wird, falls dieselben unter hohem allseitigem Druck stehen. Aus alledem wird gefolgert dass die Erdkruste sich im allgemeinen gegenüber lang dauernden Kräften so verhalten wird als ob sie auf einem flüssigen Innern (Kern) schwimmen würde, während die Erde gegenüber kurz dauernden Kräften wie ein elastisch fester Körper sich verhält.

Den Schluss bilden Überlegungen über die Sch. Z. Theorie. Ampferers Einwände gegen dieselbe beruhen auf der als unrichtig erwiesenen Grundsätze der Unmöglichkeit einer Fortleitung der Schubkräfte auf große Entfernungen sowie auf der Voraussetzung dass die Schichten beinahe unausdehnsam seien; in Wirklichkeit kann deren Dicke und im Zusammenhang damit auch der Horizontaldimension in weiten Grenzen variieren. Auch ist der Begriff der „Wurzel" bei einem plastischen Kern überhaupt von problematischem Wert. Hierauf werden Mellard Reades Einwände besprochen und es wird auf die Rolle der Schwerkraft und dadurch verursachter Gleitungen hingewiesen welche auch in [illegible] Deck-Konzepte zum Ausdruck kommt. Bonney's Einwände sind unberechtigt da der Unterschied in der Plastizität von Eis und Fels (unter hohem Druck und hoher Temperatur) zwar sehr groß aber doch nur graduell ist und bloß eine dementsprechend größere Zeitdauer zur Hervorbringung analoger Phänomene erfordert. Vom physikalisch-theoretischen Standpunkte aus lässt sich also gegen die Sch. Z. Th. kein ernstlicher Einwand erheben



$y = \varphi(x)$ $r = \varphi(\vartheta_1 + \alpha)$ $R = \psi(\vartheta_2 + \beta)$



$y = r \sin\varphi$
$x = r \cos\varphi$

$\frac{dy}{dx} = \frac{\sin\varphi + \cos\varphi \frac{dr}{d\varphi}}{\cos\varphi - \sin\varphi \frac{dr}{d\varphi}} = \frac{\operatorname{tg}\varphi + \frac{dr}{d\varphi}}{1 - \operatorname{tg}\frac{dr}{d\varphi}}$

$r \cos\alpha + R \cos\beta = c$

$\Delta\alpha - \Delta\gamma_1 = \Delta\beta - \Delta\gamma_2$

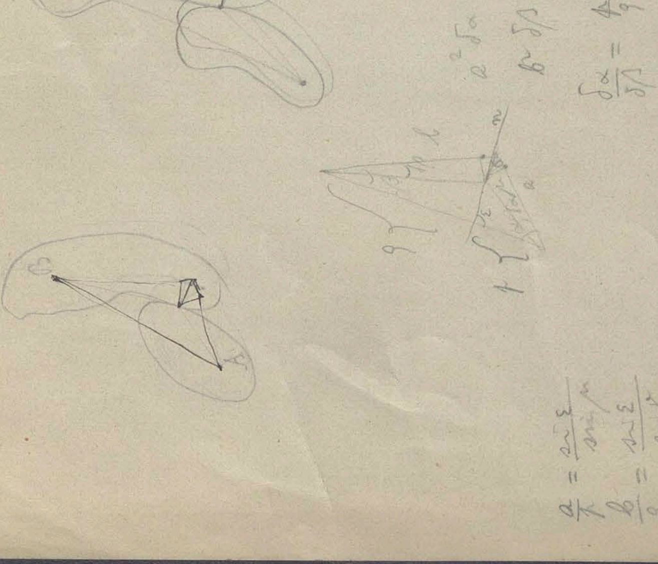




$\frac{\delta\alpha}{\delta\beta} = \frac{\rho}{\rho}\frac{b^2}{a^2}$

$= \frac{\sin\mu}{a \sin\gamma} \frac{b \sin\gamma}{\sin\nu}$

$= \frac{b}{a}$



Im ersten Abschnitt wird die Arbeit O. Ampferer's einer kritischen Analyse unterzogen. Verfasser weist nach dass die von Ampferer gegen die Kontraktionstheorie erhobenen Einwände teils auf fehlerhaften, mit den Prinzipien der Festigkeitslehre im Widerspruch stehenden Überlegungen, teils auf unbewiesenen willkürlichen Annahmen beruhen. Insbesondere kann man aus dem Verhalten eines im Inneren hohlen Erdringes gar keinen Schluss auf das Verhalten der wirklichen Erdkruste ziehen, da dieselbe eben keine hohle gespannte Hohlkugel ist sondern auf der Unterlage dem inneren Erdkern ruht oder schwimmt. Der Begriff „Erdhaut" ist unpassend da in Wirklichkeit die Kruste steifer ist als das Innere. Daher ist die Behauptung Ampferers dass die Entstehung von tangentialen Drucken in der Erdkruste unmöglich sei da sie eine Zerteilung durch bewirken müsste ganz haltlos. Der Begriff von widerstandsfähigen Teilgewölben ist willkürlich und gegenstandslos, da er auf einer Verwechslung mit dem Widerstand gegen vertikale Belastung beruht. Die Annahme dass die Erdkruste aus relativ kleinen festen Schollen welche durch weichere Massen getrennt sind besteht; unbegründet ist die Behauptung dass durch Zusammenstoss von festen Schollen nur an den Stirnen derselben ein Faltenzone hervorgerufen werden müsste. Überhaupt ist es unmöglich derlei Spekulationen in rationeller Weise durchzuführen ohne eine Annahme über die Eigenschaften des Erdkerns und über die Art und Weise wie die äussere Kruste mit demselben verbunden ist zu machen. Die Kenntnis dieser Umstände ist eine unumgängliche Voraussetzung der deduktiven Behandlung tektonischer Probleme. Zusammenfassend folgt also: a) die Behauptung Ampferers dass Faltengebirge nicht von weit fortgeleiteten Druckkräften herrühren können sondern Wirkungen von Kräften sein müssen, welche in der unmittelbaren Umgebung entstehen ist ganz unbegründet. b) die eigene Theorie Ampferers welche die gebirgsbildenden Kräfte auf Kraftwirkungen und Strömungen des Erdinneren zurückführt ist so unbestimmt dass sich gar nichts weiter daraus folgern lässt.

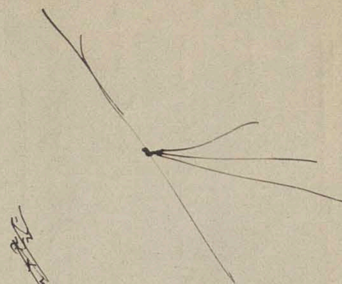
dass sich kein Nutzen aus derselben voraussehen lässt

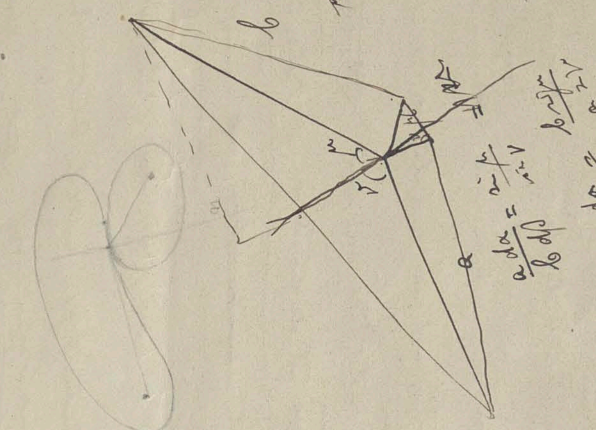
Der Verfasser ist jedoch kein unbedingter Anhänger der Contraktionstheorie. Die Grundlagen dieser Theorie sind durch Entdeckung der Wärmeentwicklung radioaktiver Stoffe und die der sogen. erschüttert worden und es ist fraglich ob sich die Erde überhaupt im Abkühlungsstadium befindet. Der Radiumgehalt des Erdkörpers ist ein erstklassiger Faktor im Wärmehaushalt der Erde; solange wir nur die diesbezüglichen Daten für die oberflächennahen Gesteine kennen, sind Spekulationen über die jede deduktive Berechnung der Temperaturverteilung des Inneren vollständig haltlos. Dies gilt auch von der Arbeit Wolffs (sonst sehr interessant) in welcher angenommen wird dass die radioaktiven Stoffe zwar in der ganzen Erde ungefähr gleichmässig verteilt sind, dass dieselben jedoch nur (der Druck unter einer gewissen Grenze bleibt, so dass nur die äussere Kruste als Wärmequelle in Betracht kommt. denn unter Wärmeabgabe zerfallen falls) Ein Druckeinfluss auf den Zerfall-Prozess ist unerwiesen und sehr unwahrscheinlich; ebenso sind die übrigen Voraussetzungen der Rechnung wie die Annahme gleichmässigen Radiumgehalts, die Zahlenwerte der Temperatur der Schmelzzone, die Annahme eines stationären Zustands recht willkürlich. Bei ungerechtfertigten Änderungen eines dieser Faktoren würden die Folgen ganz verschieden ausfallen, daher ist auch das von Wolff angegebene Resultat [dass unter der äusseren Erdkruste eine Magmaschicht liegt, wieder eine feste Schicht folge welche die innere Magmamassen von der äusseren trennt] zwar möglich aber durchaus nicht wahrscheinlich. Nun folgt eine Besprechung der für und gegen die Starrheit des Erdinneren sprechenden Erscheinungen, welche sich am besten vom Standpunkt der Viscositätstheorie erklären lassen.

$$\delta = \frac{2{\cdot}5 \cdot 10^{-13} \cdot 6360}{3 \cdot 11 \cdot 10^{-12}}$$

$$= \frac{\not{25}}{110} \cdot \not{6360}\ \ 2120\ \ 530$$

$$= \quad 530 : 7{\cdot}3 = 73 \quad 19$$





[illegible]

[illegible]

für $p = \frac{1}{2}$ [illegible] $\sigma_x = \sigma_z$ in Übereinstimmung mit Heim

---

Heim [illegible] ([illegible])

[illegible]

[illegible] ~~latent~~ plastischen

[illegible] ~~[illegible]~~ bruchlos umgeformt.

[illegible]

Stapff [illegible] : [illegible] Analogie [illegible] hydrostatische

[illegible] pulverisierte [illegible]

Umformung durch Zertrümmerung [illegible] Körner [illegible]

Heim p. 268 die bruchlose Umformung unter ihm von allen Seiten die Festigkeit übersteigenden Druck ist die allerwichtigste neue Erscheinung in [illegible]

Korn, [illegible] Schiebung

[illegible] Abrutschflächen

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] Umformung [illegible]

[illegible]

[illegible] Stapff [illegible] (p. 799)

[illegible]

Stapff: [illegible]

[illegible] Heim [illegible]

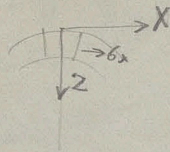
Heim p. 275 2600 m [illegible] 16 [illegible]

[illegible] latent plastische [illegible]

Townsend the charge on ions Nature 11/2 1909

~~Haus~~

Dauerspannungen γ = spez. Volumen



$p = \gamma h$ = [illegible]

$\frac{\sigma_x}{\gamma} = \frac{1}{2} R \left(\frac{h}{\Delta z} - 1\right) - \left(\frac{h}{\Delta z} - \frac{3-\mu}{4-4\mu}\right) \Delta z +$

$+ \frac{1}{2}\left(\frac{h}{\Delta z} - \frac{1+\mu}{1-\mu}\right) \Delta z$ (7)

$\frac{\sigma_z}{\gamma} = - \frac{h}{\Delta z} \Delta z$

Für normalen Fall wo Spannung an d. Erdoberfläche = 0 : h_0

$\sigma_x = - \frac{\mu \gamma}{1-\mu} \Delta z \qquad \sigma_z = -\gamma \Delta z$ (8)

Druckspannungen

Wenn dagegen $h = h_0 + i$ so:

$\sigma_x = - \frac{\mu \gamma}{1-\mu} \Delta z + \frac{1}{2} R \gamma \frac{i}{\Delta z}$

$\sigma_z = -\gamma \left(1 + \frac{i}{\Delta z}\right) \Delta z$ (9)

daher für $i > 0$ σ_x an d. Oberfläche mit Zugspannung

$i < 0$ Druck

σ_z immer Druck

Lamé & Tammann

[illegible] Elast. [illegible] Zs. ph. Ch. 63 p 141 (1908)

Thiesen [illegible] Verh. D Ph S. 10 p 410 (1908)

Beibl. 1909 p 156

Korn [illegible]

Rend. Circ. mat. Palermo 25 p 253 (1908

Beibl 1909 p 8

Plasticität

Lehrbuch
Grundlagen [illegible] 15879 III

11212 III

Brinell de Haas

Sitzungsber. d. preuss. Akad. W. zu Berlin

~~16457 42550~~ 67082 III

Nature ~~[illegible]~~

65502 III period.

Nature 62 385 (1900) Adams Nicolson

1). By submitting limestone or marble to differential pressures exceeding the elastic limit — permanent deformation can be obtained

2). At ordinary temperatures in part due to cataclastic structure in part to twinning & gliding movements in the individual crystals comprising the rock

3). Both seen in nature

4). at 300°–400° cataclastic structure not developed whole movement due to changes in the shape of the component crystals by twinning & gliding 5). This is identical with metals when hammered

6). ∴ flow of marble just as of metals

7). identical with ice

8). water no effect 9). perhaps also with granite

Fizyka wobec teoryi górotwórczych.
z powodu rozprawy Ampferera

Wstęp: Dwie metody { opisowo indukc.
~~[illegible]~~ konstrukcyjno-dedukcy.

do drugiej rozprawa Ampferera: dążąca do obalenia teoryi ... Schrumpfungstheorie

~~[illegible]~~ cel — Schardt Lugeon

Streszczenie argumentacyi

Krytyka a) ogólna

Łatwiejsze podobieństwo

b) Seitendruck, Gewölbe

porównanie z globusem

„Lücke"

willkürl. Schollenteilung — Notwendigkeit einer allgemeinen Raumschrumpfung ?!

Lugeon-Schardt później

~~[illegible]~~ przeciw ?/ Czy Schrumpfungstheorie prawdziwa ?

z innego punktu: Zasadnicza wcale stosunek zewnętrz. skorupy do wnętrza ziemi

Otworzenie same podstawy są zachwiane — nie wiemy czy ziemia się oziębia — Radium

możliwe także inne teorye — nie istotn. ani ..

ale lokalna Ra. etc., Zakres opow. i wsch. (dylatacyjne rozległ. / kontrakcyjne fałd.)

~~[illegible]~~ (Teorye terminowe)

argumentacya ~~teor.~~ Kant-Laplace — bez podstaw

wyjść nie powinniśmy, ani może [illegible] ? ..

[illegible] bez uwzględnienia przyczyny: [illegible]

Co o wszystkim ? Czy stałe, ciekłe, gazowe? Dawny spór. Znaczenie tych słów teoretyczne. w razie płynnego wnętrza [illegible] rozszerzalności [illegible]

Raczej kwestya jako mechanizm [illegible]

Uzupełnić metodą, żadnych wskazówek z wszystkich

a) Sejsmogr.

b) Odkształcenia

gdzie izostazya zakłócona (brak kompensacyi) tam siły górotwórcze

Dla krótkich sił jak ciało [illegible] sprężyste [ściśliwość, gęstość]

dla długich jak plastyczne (izostazya)

~~Także Teorat. [illegible] geologia. etc. ale też teorye.~~

~~Uskoki, Fałdy~~ Czy

Laboratoryjne doświadczenia nad ciałami stałymi:

~~[illegible]~~ Voronke ustępliwości Voigt etc.

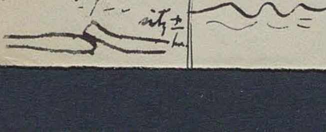
~~[illegible]~~ Skorupa na masie plastycznej płynnej zdolność rozprzestrz.

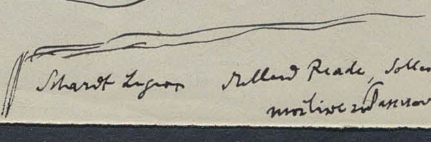
dzięki stopa rozgrzewają się siebie samym

Ciśnienie jednostronne ?!

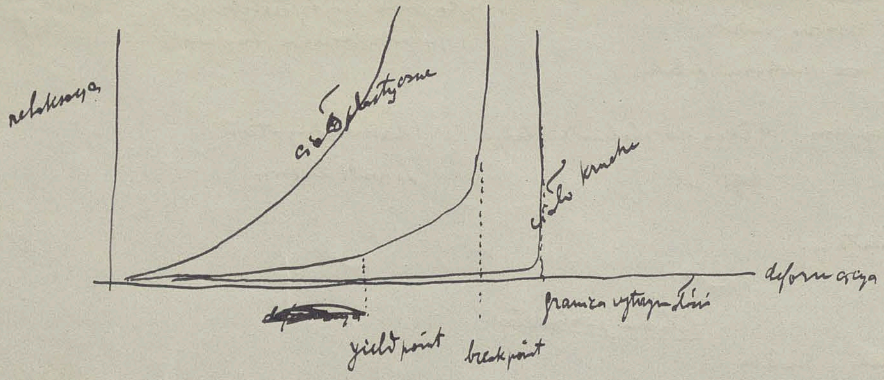
Uskoki, Fałdy, Elastica — Gigantum ?

przeciwko „zapadlinom"



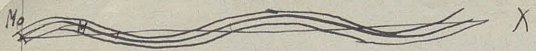


Schardt Lugeon — Mellard Reade, Sollas etc.
możliwe [illegible] potrzeba z [illegible]


relaksacja
ciało plastyczne
ciało kruche
deformacja
granica wytrzymałości
yield point
breakpoint

$\alpha x^{n+1} = n(n-1)(n-2)(\ldots)\, x^{n-3}$

$\alpha x^{4} = n(n-1)(n-2)$



$$M = M_0 + \int_0^x \rho g y \, d\xi = (E)\Theta \frac{d^2y}{dx^2}$$

$$\rho g \int_0^x y' \xi \, d\xi + \rho g y x = E\theta \frac{d^3y}{dx^3}$$

$= \rho g$

ρg

$$\frac{\rho g}{E\Theta} x f = \alpha^3 f + 3\alpha^2 f' + 3\alpha f'' + f'''$$

$$\frac{\rho g}{E\Theta}(y' x + y) = y''''$$

α

$$\alpha y^2 = (y y'''' - y' y''')$$

$y = a + b e^{\gamma x}$

$y' = b\gamma e^{\gamma x}$

$y'' = b\gamma^2 e^{\gamma x}$

$y''' = b\gamma^3 e^{\gamma x}$ $\quad x^{-\frac{2}{3}}$

$y'''' = b\gamma^4 e^{\gamma x}$

$$\alpha\left[a^2 + 2ab e^{\gamma x} + b^2 e^{2\gamma x}\right] = ab\gamma^4 e^{\gamma x}$$

$y = f \cdot e^{\alpha x}$

$y' = \alpha y + f' e^{\alpha x}$

$y'' = \alpha y' + \alpha f' e^{\alpha x} + f'' e^{\alpha x} = \alpha^2 y + 2\alpha f' e^{\alpha x} + f'' e^{\alpha x}$

$y''' = \alpha^3 f e^{\alpha x} + 3\alpha^2 f' e^{\alpha x} + 3\alpha f'' e^{\alpha x} + f''' e^{\alpha x}$

$y = e^{f(x)}$

$y' = f' e^{f}$

$y'' = f'' e^{f} + f'^2 e^{f}$

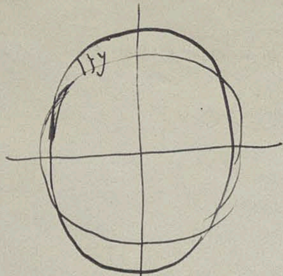
$y''' = f''' e^{f} + 3 f' f'' e^{f} + f'^3 e^{f}$

$$\frac{\rho g}{E\Theta} x = f''' + 3 f' f'' + f'^3$$

$f = x^n \qquad f' = n x^{n-1} \qquad f'' = n(n-1) x^{n-2}$

$$\alpha x = n(n-1)(n-2) x^{n-3} + 3n^2(n-1) x^{2n-3} + n^3 x^{3n-3}$$

$n = \frac{1}{3}$



$$M = M_0 + pa z - \int_0^x \rho g \, y \, (x-\xi) \, d\xi = - E\theta \frac{d^2 y}{dx^2}$$

$$\sqrt[4]{\frac{\rho g c^3}{E\theta}} = \sqrt[4]{\frac{\rho g c^3 . 12}{E l^3}}$$

$$z = (c+y_0) - (c+y)\cos\varphi$$

$$= \sqrt[4]{\frac{12 \cdot 3 . 10^3 (500)^3}{5 . 10^{11}}}$$

$$x = c\varphi$$

$$l = 2\pi c \sqrt[4]{\frac{E l^3}{12 \rho g c}}$$

$$pa \frac{dz}{dx} + \int_0^x y \, d\xi = - E\theta \, y'''$$

$$= \pi \sqrt[4]{\frac{4}{3} \frac{E l^3 c}{\rho g}}$$

$$= 3 \sqrt[4]{\frac{5 . 10^{11} . 10^8 \, 6 . 10^8}{3 . 10^3}}$$

$$pa \frac{d^2 z}{dx^2} + \rho g y = - E\theta \frac{d^4 y}{dx^4}$$

$$= 3 \sqrt[4]{10^{35}} = 3 . 10^9$$

$c = 6 . 10^8$

$$az = \frac{s^2 - r^2 + a^2}{2}$$

$$= \frac{s^2 - (c+y)^2 + (c+y_0)^2}{2}$$

$$z = \frac{s^2 + 2c(y_0 - y)}{2a}$$

$$-\frac{pa}{c^2}\left[\frac{d^2 y}{d\varphi^2}\cos\varphi - 2\frac{dy}{d\varphi}\sin\varphi - y\cos\varphi\right] + \rho g y = -\frac{E\theta}{c^4}\frac{d^4 y}{d\varphi^4}$$

$$M_0 + pax + p\frac{x^2}{2} = - E\theta \frac{d^2 y}{dx^2}$$

$$\rho g c \left[\int_{\psi=0}^{\varphi} y_\psi \cos\psi \left[(c+y)\sin\varphi - (c+y_\psi)\sin\psi\right] d\psi + \int_{\psi=0}^{\varphi} y_\psi \sin\psi \left[(c+y_\psi)\cos\psi - (c+y)\cos\varphi\right] d\psi\right]$$

$$y_\psi \left[c(\sin\varphi\cos\psi - \sin\psi\cos\psi) + y\sin\varphi\cos\psi - y_\psi \sin\psi\cos\psi\right.$$
$$\left. + c(\sin\psi\cos\psi - \sin\psi\cos\varphi) - y\cos\varphi\sin\psi + y_\psi \sin\psi\cos\psi\right.$$

$$= y_\psi \left[c\sin(\varphi-\psi) + y(\sin(\varphi-\psi))\right]$$

$$\rho g \int_{\psi=0}^{\varphi} y_\psi (c+y)\sin(\varphi-\psi)\, d\psi$$

$$= \rho g (c+y) c \int_{\psi=0}^{\psi=\varphi} y_\psi \sin(\varphi-\psi) d\psi = \rho g c^2 \int_{\psi=0}^{\psi=\varphi} y_\psi \sin(\varphi-\psi) d\psi$$

$$\frac{\partial}{\partial\varphi} = \int y_\psi \cos(\varphi-\psi) d\psi$$

$$M_0 + \underbrace{pa\left[c + y_0 - (c+y)\cos\varphi\right]}_{pac(1-\cos\varphi)} - \rho g c^2 \int_{\psi=0}^{\psi=\varphi} y_\psi \sin(\varphi-\psi) d\psi = -\frac{E\theta}{c^2}\frac{\partial^2 y}{\partial\varphi^2}$$

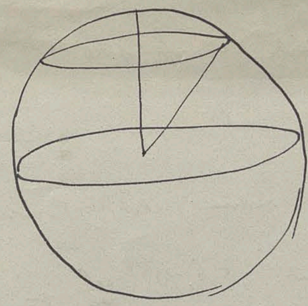
$$\frac{\partial^2}{\partial\varphi^2} = -\int y_\psi \sin(\varphi-\psi) d\psi + y_\varphi$$

$$\rho g \int y_\psi \sin = -\frac{E\theta}{c^2}\frac{\partial^2 y}{\partial\varphi^2} - M_0 - pac(1-\cos\varphi) = \frac{E\theta}{c^2}\frac{\partial^4 y}{\partial\varphi^4} - \rho g c^2 y + pac\cos\varphi$$

$$y = A + B\cos\mu\varphi \qquad \mu^4 - \mu^2 = \frac{\rho g c^4}{E\theta}$$

$$\frac{E\theta}{c^2}\left(\frac{\partial^4 y}{\partial\varphi^4} + \frac{\partial^2 y}{\partial\varphi^2}\right) - \rho g c^2 y = - M_0 - pac$$

$$\mu = \pm\sqrt{\frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{\rho g c^4}{E\theta} + \frac{1}{4}}}$$



~~Krytyczne [najgórsze] rozciąganie jest tu: $y = A \sin \alpha x$~~

~~$$\alpha^4 - \frac{P}{E\Theta}\alpha^2 + \frac{\rho g}{E\Theta} = 0$$~~

~~$$\alpha = \sqrt{\frac{P}{2E\Theta} \pm \sqrt{\left(\frac{P}{2E\Theta}\right)^2 - \frac{\rho g}{E\Theta}}}$$~~

„Gewölbedruck" der Erdschale w kuli:

$$p = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{2r^2\pi \sin\varphi \, d\varphi \; h \rho g \cos\varphi}{2r\pi h} = r\rho g \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sin\varphi \cos\varphi \, d\varphi = \frac{r\rho g}{2}$$

W walcu:

$$p = \frac{\rho g h \int_0^{\frac{\pi}{2}} r \, d\varphi \cos\varphi}{h} = r\rho g$$

~~$$\frac{6300 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^3}{2} = 9.3 \cdot 10^{11}$$~~

~~6~~ 3150 km = 1000

1903 Curie, Laborde heating effect of Ra ~~Rutherford~~ ... U – ionium – Ra (Boltwood)

$4.6 \cdot 10^{-14}$ g/gr would compensate according to Rutherford ($2.6 \cdot 10^{20}$ cal/year loss total of earth)

Strutt 1906 radium jacket 45 miles thick

Rutherford : $5.6 \cdot 10^{-2}$ cal/sec per 1 gr Ra ~~3360~~

John Joly – Dublin

Basalts (14)	5.0	$\cdot 10^{-12}$ gr/gr
Granite (6)	4.1	
Syenite (1)	6.8	
Lewis-Gneis (3)	5.7	
Simplon (32)	7.6	
Gotthard (32)	5.1	

Ocean water $0.016 \cdot 10^{-12}$

		Extension in 10^6 (miles)^2
Globigerina Ooze	$7.2 \cdot 10^{-12}$	49.5
Radiolarian "	16.7	2.5
Red Clay	13.3	51.5

more slowly collecting more radioactive

Nile river water $0.0042 \cdot 10^{-12}$

Clark "The Data of Geochemistry"

Mean on 62 rocks 4.7 igneous 5–6 sedimentary 4–5 Sand of Arabian desert 0.4

Nature Feb. 20 (1908) H A Wilson thermal effects of Ra in earth!

For Simplon Stapff predicted 47° maxim temp (according to Gotthard experience)

Stockalper 36°

Heim 38–39°

actually found : 55°

Simplon Ra : 7.1

Gotthard central 3.3 there (comparatively) lowest temp

comparative elevations in N side (Frontenachs) there Ra: 7.7

$$\frac{2.1}{60} = 3.3 \cdot 10^{-2}$$

126 / 60.60

Pendulum $\left\{\begin{array}{l}126.1\\98.5\\224.6\end{array}\right.$ / 60.60 = $\frac{2.25}{36} = \frac{0.375}{6} = 0.0625$

$$\frac{0.008 \cdot R^2}{3000 \cdot \frac{4\pi}{3} R^3} = \frac{0.008}{1000\,R}$$

17.6082
0.5051 −2
0.4974
18.6104 −2

0.9031 −6
8.8041
0.0990 −14

1.26 . 10^-14 pro cm^3

408 . 10^16 / 3000
= 1.36 . 10^13

0.0373

2.5623
1.3802
3.5563
7.4988
13.1335
20.6323

$$\frac{0.008}{3000 \cdot h \cdot 0.0373 \cdot 4.7 \cdot 10^{-12} \cdot 2.8}$$

$$\frac{1.26 \cdot 10^{-14}}{0.0373 \cdot 5.6}$$

$$\frac{3 \cdot 4.2 \cdot 10^{20}}{4}$$

$$\frac{6.3}{2} = 3.1$$

5717
7482
3199

1004
3199
7805

6.03 . 10^-14

$$\frac{\partial\theta}{\partial x} = \beta$$

$$\frac{\partial^2\theta}{\partial x^2} = \frac{\alpha}{\kappa}$$

$$\theta = \frac{\alpha x^2}{2} + bx$$

$$\beta = -b$$

$$\theta = -\frac{\alpha x^2}{2} + \beta x$$

$$\alpha X = \beta$$

$$X = \frac{\beta}{\alpha}$$

$$\theta = -\frac{\beta^2}{2\alpha} + \frac{\beta^2}{\alpha} = \frac{\beta^2}{2\alpha}$$

1.2553
0.6721
0.4472
0.5717
2.9463

6.9031
2.9463
396

1.6721
1.4472
0.5717 −2
3.4717 −12
0.1627 −7

6.9031
0.1627
6.7404

55

$$\alpha = \frac{4.7 \cdot 10^{-12} \cdot 2.8 \cdot 0.0373}{0.008}$$

$$\frac{1}{4.7 \cdot 2.8 \cdot 373} \cdot 10^6$$

18

0.4378
0.4110
0.0268

100

106

7482
6628
1.4110

$$\frac{2.74 \cdot 10^{-11}}{4.6 \cdot 10^{-14} \cdot 5.6}$$

$$\varepsilon = \frac{2.74 \cdot 10^{-11}}{5.6} =$$

$$\alpha = \frac{2.74 \cdot 10^{-11}}{5.6}$$

0.4150
6.9772
0.4378 ‖ 10^-11

0.8041

2.5623
1.5051
0.4975
2.4123
6.9772

$$\alpha = \frac{2.6}{365 \cdot 32\,\pi\,(6.37)^3}\,10^{-4}$$

$$\frac{2.6 \cdot 10^{20}}{365 \cdot 8} = \frac{4}{3}\pi\left[6.37 \cdot 10^8\right]^3 \cdot \alpha \quad 5.6$$

G. v. d. Borne Die physik. Grundlagen d. tekton. Theorien

Beitr. z. Geophysik 9 p. 378 – 403 (1908)

p. 380 [illegible] ~ u. örtl. Verhältn. [illegible] Volum. [illegible]

p. 381 (1 tekton. [illegible] = Summe [illegible] (äussere
[illegible] (innere [illegible]
[illegible])

Aus einem [illegible] Complex von Volum-Änderung [illegible]

p. 387 [illegible] Radioakt. [illegible]

p. 390 Frage ob Erd-[illegible]. [illegible]

Temp. [illegible] horiz. [illegible]

nötig [illegible] Temp. Gradient

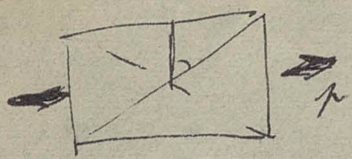
[illegible] concentr. [illegible]

392 [illegible] : [illegible] Contraction

[illegible] Nur Differenz [illegible] Volum [illegible]

p. 401 [illegible]

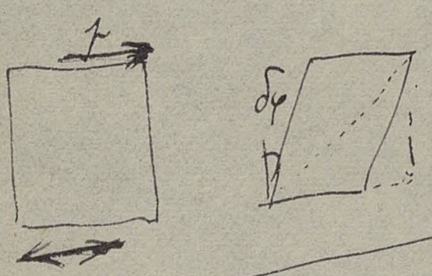
p. 402 Reibungslose Umformung in Falle Lösung [illegible] Rekristallisation



$$tg\varphi' = \frac{1+\frac{p}{E}}{1-\mu\frac{p}{E}} = 1+\frac{p}{E}(1+\mu) = tg\left(\frac{\pi}{4}+\delta\varphi\right) = 1+\delta\varphi$$

$$\delta\varphi = \frac{p}{E}(1+\mu)$$

$$T = \frac{E}{2(1+\mu)}$$



$$\delta\varphi = \frac{p}{T} = \frac{2p}{E}(1+\mu)$$

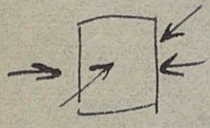
Längsdehnung $= \frac{\sqrt{1+(1+\delta\varphi)^2}-\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2(1+\delta\varphi)}-\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 1+\frac{\delta\varphi}{2} = 1+\frac{p}{E}(1+\mu)$

Somit wenn $\delta\varphi$ als Maßstab für Festigkeit, so

Schubfestigkeit $= \frac{1}{2}$ Zugfestigkeit

wenn Längsdehnungs Maßstab so

Schubfestigkeit $= \frac{1}{1+\mu}$ Zugfestigkeit



Dehnungen: $1-(1+\mu)\frac{p}{E}$

$1-(1+\mu)\frac{p}{E}$

$1+2\mu\frac{p}{E}$

Somit gemäß üblicher Annahme

$U = \frac{1}{1+\mu}2$

Somit gemäß Winkeländerung

$U = 2$

Winkeländerungen:

$$tg\varphi' = \frac{1+2\mu\frac{p}{E}}{1-(1+\mu)\frac{p}{E}} = 1+(2\mu+1-\mu)\frac{p}{E} = 1+(1+\mu)\frac{p}{E} = 1+\delta\varphi$$

$$\delta\varphi = (1+\mu)\frac{p}{E}$$

X. ZJAZD LEKARZY I PRZYRODNIKÓW POLSKICH

WE LWOWIE W. R. 1907.

SEKCYA ....

LWÓW D. ....

X. ZJAZD LEKARZY I PRZYRODNIKÓW POLSKICH

WE LWOWIE W. R. 1907.

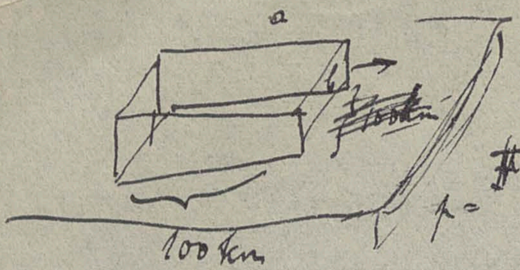
SEKCYA ....

ŁWÓW D. ....

Praca wykonana przez tarcie pod działaniem ciśnienia równego wytrzymałości na drodze 10 km, po cm^2:

$$\frac{10 . 10^5 . 10 . 10^5 . 10^3}{4 . 10^7} \text{ gcal} = 2 . 10^7 \text{ gcal}$$

Mellard Reade:



$$p = \frac{F}{bh} = \frac{\rho g h a b \alpha}{b h} = \rho g \alpha a$$

$\alpha = \frac{1}{10}$

$= \rho g \cdot 10\,km$ übertrifft (dreimal) die Druckfestigkeit d. Granits!

aber es würde eine Neigung von 1 : 10 genügen ohne irgend eine Kraft!

0.0458
0.0298
0.0756 .80
6.048

Nature 62 p. 335 Adams plasticity of marble

23

Naturw. Rdsch. XV (1900) p. 285 Spring Plastizität

Berl. Ber. 1907 p. 917 Martens [illegible]

[illegible] 67082 III

Terp. – Kolophon. $\eta = 1300$ cgs

pro 1° Steigerung – 25%

100 Atm. 112%

Ladenburg

Stones Beim. 1 für plast. fl.!

$\left\{\begin{array}{ll} 11.8^\circ & \eta = 48.10^5 \\ 7.1^\circ & 92.10^5 \end{array}\right.$

80% Kolophon–Terp. Öl. $\eta = 9.2.10^6$

90% — η $4.7.10^{11}$

$\frac{220}{9} = 25$

9 ~~[illegible]~~

11.XII.20

Neues Jahrb. f. Min. 100 [I] 45-61 (1907)

[illegible]

Königsberger 94 Z. 7 (1906) p. 257

Paschen 5 (1904) p. 567

Natans. Rozpr. 41 p. 223, 306

42 p. 399, 405

Zeitschr. 42 p. 392

Zur. 43 p. 223 (1903)

Bauschinger Zeitschr. f. Bauwesen 1879 p. 269 } Spannungsverteilung im Erdinnern
Günther Geophysik 1885 II p. 624–627
Lz. V 8 K (592) 15879 III

Hergesell Beiträge z. Geophysik II (1895) p. 153–184 65335 II Bibl.

Bauschinger Mitth. a. d. mechan. techn. Laborat. d. polyt. Schule in München I Heft 1873 — spec. Gewicht E dl. ? (?)
Zeitschr. f. Bauwesen 1879 p. 269 Münch. T (3369)

Bryan Cambridge Phil. Soc. Proc. VI (1889) p. 199 Elastic Stability

~~Suess Antlitz d. Erde I p. 142 ff.~~ } Schrumpfungstheorie
Heim Untersuchungen ü. d. Mechanismus d. Gebirgsbildung Basel 1878

Zum Mechanismus d. Gebirgsbildung
Ü. d. Mechanismus d. Gesteinsumformung bei d. Gebirgsbildung Z. d. d. geol. Ges. 32 p. 262 — 65486 II (Kiste)
Ü. Stauung und Faltung d. Erdrinde Basel 1878 Auszug aus ... Verh. d. naturf. Ges. Zürich 20 p. 115

Penck Morphologie d. E.

Fisher The Formation of Mountains Nature 19 p. 172 } Kritik
Darwin " " 19 p. 313

Fisher O. Physics of the Earth's Crust London 1881
II Edition 1891

Kick Ü. Bestimmung d. Härte und d. Fluss spröder Körper Zeitschr. östr. Ingenieur & Architekten V.
Lz. T. XLII 1890 p. 1.

Stapff Neues Jahrb. f. Mineralogie 1879 p. 292, 792
zur Mechanik d. Schichtenfaltungen
Gümbel Sitzgsber. Münch. 1880. 596 Czernowitz [82. E, 2–3]

Günther Geophysik I. p. 181 – 194   p. 203 Schwerkraft Anomalien, Erddichte

p. 344 – 363

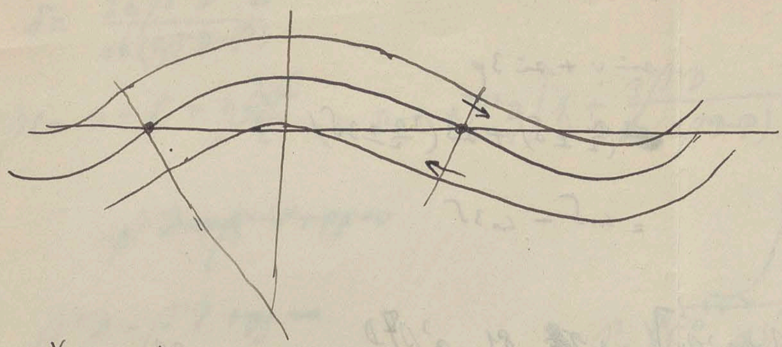
II p. 856 – 873

Darwin Deformation d. Erde (elast. [illegible]) [illegible] II 10th ...   Phil Tr. 1882 I p. 187

Nature 27 p 22

Bull 1885 p 62

Helmert Sitzungsber. Berl. 5/11 1908



$$\frac{\partial X_x}{\partial x} + \frac{\partial X_y}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial X_y}{\partial x} + \frac{\partial Y_y}{\partial y} = 0$$

$$X_x = \pm \frac{E}{R}\frac{h}{4}$$

$$y = A \cos \beta x \qquad \beta = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{\lambda}{4}}\int_0^{\frac{\lambda}{4}} \frac{d^2y}{dx^2}\,dx = \frac{1}{\frac{\lambda}{4}} A\beta = \frac{8\pi}{\lambda^2} A$$

$$\overline{X_x} = \frac{Eh}{4}\,\frac{8\pi A}{\lambda^2}$$

$$\overline{X_y} = X_x$$

$$\frac{4Eh^2\pi A}{\lambda^3} \quad \overline{X_y}$$

$$X_x = \frac{E}{2}\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) y$$

$$E\left(\frac{d^3y}{dx^3}\right) y = -\frac{\partial X_y}{\partial y}$$

$$X_y = -E\left(\frac{d^3y}{dx^3}\right)\frac{y^2}{2} + c$$

$$= \frac{E}{2}\left(\frac{d^3y}{dx^3}\right)\left(\frac{h^2}{4} - y^2\right)$$

$$\left(\frac{d^2y}{dx^2}\right) = -\beta^2 (y)$$

$$\left(\frac{d^3y}{dx^3}\right) = -\beta^2\left(\frac{dy}{dx}\right)$$

$$\max X_y = \frac{E}{2} A\beta^3 \frac{h^2}{4} = \frac{EA\pi^3 h^2}{\lambda^3}$$

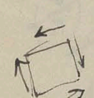
$$\frac{F}{E} = \frac{1}{100} = \frac{30\,A}{900 \cdot 2 \cdot 10^5}$$

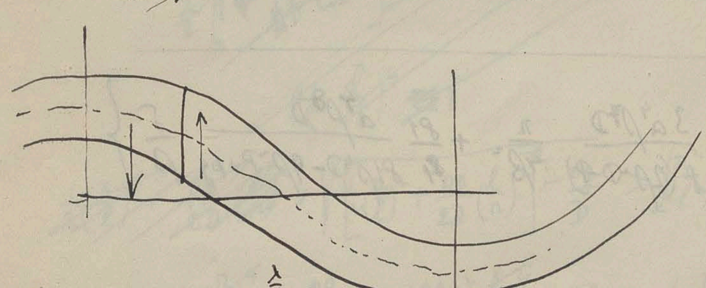
$$A = 0.6\,\text{km}$$

$$\lambda = 2\pi \sqrt[4]{\frac{D}{\rho g}} = 2\pi \sqrt[4]{\frac{E h^3}{12(1-\mu^2)\rho g}}$$

$$h = \frac{3(1-\mu^2)F^2}{E\rho g}$$

$$= \frac{EA\pi^3 h^2}{8\pi^3 \sqrt[4]{\left(\frac{E}{12(1-\mu^2)}\right)^3 \frac{h^9}{(\rho g)^3}}}$$





$$\max \overline{X_y} = \rho g \frac{\int_0^{\frac{\lambda}{4}} y\,dx}{h} = \frac{\rho g A}{\beta h} = \rho g \frac{A\lambda}{2\pi h}$$

falls $X_y = F$

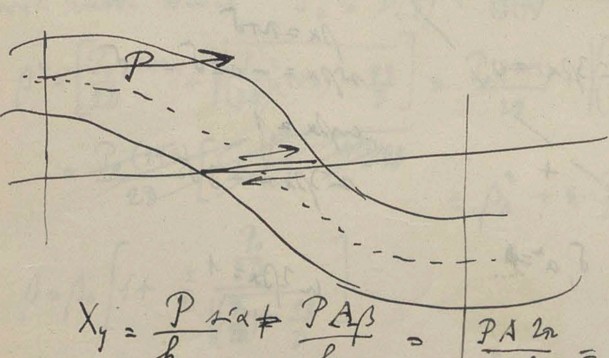
$$h = \frac{2\pi F}{\rho g A \lambda}$$

$$F = 8 \cdot 10^5 \cdot 3 \cdot 10^3 = 24 \cdot 10^8$$

$$X_y = \frac{28 \cdot 10^3}{6} \cdot 30 \cdot A$$

$$= 14 \cdot 10^3 A$$

$$A \cdot 10^5 = 2\,\text{km}$$



$$X_y = \frac{P}{h}\sin\alpha = \frac{PA\beta}{h} = \frac{PA\,2\pi}{\lambda h} = \frac{FA\,2\pi}{\lambda}$$

$$A = 0.3\,\text{km}$$

$$\frac{d^2y}{dx^2}\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = a^3\beta^4 \sin\beta x \cos^3\beta x$$

$\sin\varphi + \sin 3\varphi$

$\cos\left(\frac{\pi}{2}\pm\delta\right) + \cos\left(3\frac{\pi}{2}\pm 3\delta\right)$

$= \cos\delta - \cos 3\delta$

$$\frac{dy}{dx} = a\beta\cos\beta x + \frac{3a^3\beta^5 D}{16(2\beta^4 D - P)}\left[\cos\beta x - \beta x \sin\beta x\right] + \frac{81}{8}\frac{a^3\beta^7 D}{81\beta^4 D - 9\beta^2 P + \rho g}\cos 3\beta x$$

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)^2 = \cos^2\beta x\left[a\beta + \frac{3a^3\beta^5 D}{16(2\beta^4 D - P)}\right]^2 - \frac{3a^4\beta^7 D}{8(2\beta^4 D - P)} x \sin\beta x \cos\beta x$$

$$+ \frac{81}{4}\frac{a^4\beta^8 D}{81\beta^4 D - 9\beta^2 P + \rho g}\cos\beta x \cos 3\beta x + \cdots$$

$\beta x = \pi + \delta$

$$\int_0^{x=\frac{\pi+\delta}{\beta}} \cos^2\beta x \, dx = \frac{1}{\beta}\int_0 \cos^2\varphi \, d\varphi = \frac{1}{2\beta}\int(1+\cos 2\varphi)\, d\varphi = \frac{1}{2\beta}\left(\varphi + \frac{\sin 2\varphi}{2}\right)\Big|_0^{\pi+\delta} = \frac{1}{2\beta}\left(\pi+\delta+\frac{\sin 2\delta}{2}\right)$$

$$= \frac{1}{2\beta}(\pi + 2\delta)$$

$$\cos\beta x\cos 3\beta x \, dx = \frac{1}{\beta}\int_0^{\pi+\delta}\cos\varphi\cos 3\varphi\, d\varphi$$

$$\frac{1}{2}\int_0^{\pi+\delta}(\cos 2\varphi + \cos 4\varphi)\, d\varphi = \frac{1}{2\beta}\left(\frac{\sin 2\varphi}{2} + \frac{\sin 4\varphi}{4}\right)\Big|_0^{\pi+\delta} = \frac{1}{2\beta}\left(\frac{\sin 2\delta}{2} + \frac{\sin 4\delta}{4}\right) = \frac{\delta}{\beta}$$

$$\int x \sin\beta x \cos\beta x \, dx = \frac{1}{\beta^2}\int \varphi \sin\varphi\cos\varphi\, d\varphi = \frac{1}{8\beta^2}\int_0^{2\pi+2\delta}\varphi \sin\varphi\, d\varphi = \frac{1}{8\beta^2}\left[-2(\pi+\delta)\cos 2\delta + \sin 2\delta\right] +$$

$$= -\frac{\pi}{4\beta^2}$$

$$\int\varphi\sin\varphi\, d\varphi = -\varphi\cos\varphi + \int\cos\varphi\, d\varphi$$

$$= -\varphi\cos\varphi + \sin\varphi$$

$\beta x = \pi + \delta$

$$\int_0 = \frac{\pi+\delta}{\beta} + \frac{1}{2}\left\{\left[a^2\beta^2 + \frac{3a^4\beta^6 D}{8(2\beta^4 D - P)}\right]\left(\frac{\pi}{2\beta} + \frac{\delta}{\beta}\right) + \frac{3a^4\beta^7 D}{8(2\beta^4 D - P)}\frac{\pi}{4\beta^2} + \frac{81}{4}\frac{a^4\beta^8 D}{81\beta^4 D - 9\beta^2 P + \rho g}\frac{\delta}{\beta}\right\}$$

$$= \frac{1}{\beta}\left\{\pi + \delta + \frac{\pi}{4}a^2\beta^2 + \frac{\delta a^2\beta^2}{2} + \frac{3a^4\beta^6 D}{8(2\beta^4 D - P)}\left[\frac{3\pi}{8} + \frac{\delta}{2}\right] + \frac{81}{8}\frac{a^4\beta^8 D}{81 \ldots}\delta\right\} = l$$

$$a\sin\beta x + \frac{3a^3\beta^5 D}{16(2\beta^4 D - P)} x\cos\beta x + \frac{27}{8}\frac{a^3\beta^6 D}{81\ldots}\sin 3\beta x = 0,$$

$$-a\delta + \frac{3a^3\beta^5 D}{16(2\beta^4 D - P)}\frac{\pi+\delta}{\beta} + \frac{81}{8}\frac{a^3\beta^6 D}{81\ldots}\delta = 0$$

$$\frac{1}{\beta}\left\{\pi + \delta + \frac{\pi a^2\beta^2}{4} - \frac{\delta a^2\beta^2}{2} + \frac{3a^4\beta^6 D}{8(2\beta^4 D - P)}\left[\frac{7\pi}{8} + \delta\right]\right\} = l$$

$\delta,\ a^2 = \ldots$

$\beta x = \pi + \delta$

$\sin\beta x = -\sin\delta = -\delta$

$\cos\beta x = 1$

$\sin 3\beta x = -3\delta$

$\cos 3\beta x = 1$

$$\delta = \frac{3a^2\beta^4 D\,\pi}{16(2\beta^2 D - P)}$$

$$\beta l = \pi + \delta + \frac{\pi a^2\beta^2}{4} = \pi + a^2\beta^2\frac{\pi}{4}\left[\chi + \frac{3\beta^2 D}{4(2\beta^2 D - P)}\right]$$

(I) $\beta^4 D - \beta^2 P + \rho g = 0$

$$\beta^2 = \frac{P}{2D} + \sqrt{\left(\frac{P}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D}} = \frac{P}{2D}\left[1 + \sqrt{1 - \frac{4D\rho g}{P^2}}\right] = \frac{P}{2D}\left(1 + \sqrt{2\varepsilon}\right)$$

$$P = 2\sqrt{D\rho g}\,(1+\varepsilon) \qquad \sqrt{1 - \frac{1}{(1+\varepsilon)^2}} = \sqrt{2\varepsilon}$$

$$a^2 = \frac{\beta l - \pi}{\beta^2\frac{\pi}{4}\left[\chi + \frac{3\beta^2 D}{2\beta^2 D - P}\right]}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{P}{2D}}\left(1 + \sqrt{\frac{\varepsilon}{2}}\right)$$

$$2\beta^2 D - P = P\sqrt{2\varepsilon}$$

$$\frac{3\beta^2 D}{2\beta^2 D - P} = \frac{3\frac{P}{2}}{P\sqrt{2\varepsilon}} = \frac{3}{2\sqrt{2\varepsilon}}$$

$$a^2 = \frac{\sqrt{\frac{P}{2D}}\,l\left[1 + \sqrt{\frac{\varepsilon}{2}}\right] - \pi}{\frac{P}{2D}\left(1+\sqrt{2\varepsilon}\right)\frac{\pi}{4}\left[\chi + \frac{3}{2\sqrt{2\varepsilon}}\right]} = \frac{\sqrt{\varepsilon}\left[l - \pi\sqrt{\frac{2D}{P}}\right]}{\sqrt{\frac{P}{2D}}\;\frac{\pi}{4}\;\frac{3}{2\sqrt{2}}}$$

$$l < \pi\sqrt[4]{\frac{4D}{\rho g}}$$

$$\sqrt{\frac{2D}{P}} = \sqrt{\frac{D}{\sqrt{D\rho g}}} = \sqrt[4]{\frac{D}{\rho g}}$$

(II) $P = D\left(\frac{\pi}{l}\right)^2 + \rho g\left(\frac{l}{\pi}\right)^2$

$$\frac{P}{2D} = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{l}\right)^2 + \frac{\rho g}{2D}\left(\frac{l}{\pi}\right)^2$$

czy $\beta l - \pi$ nie może być <0?

$$\beta^2 l^2 \geq \pi^2 ?$$

$$\left[\frac{P}{2D} + \sqrt{\left(\frac{P}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D}}\right] > \frac{\pi^2}{l^2}$$

$$\left(\frac{P}{2D}\right)^2 > \frac{\pi^4}{l^4} + \left(\frac{P}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D} - 2\frac{\pi^2}{l^2}\sqrt{\left(\frac{P}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D}}$$

$$\sqrt{\left[\frac{1}{2}\left(\frac{\pi}{l}\right)^2 + \frac{\rho g}{2D}\left(\frac{l}{\pi}\right)^2\right]^2 - \frac{\rho g}{D}} > \frac{1}{2}\left(\frac{\pi^2}{l^2}\right) - \frac{\rho g}{2D}\left(\frac{l}{\pi}\right)^2$$

$$\frac{1}{4}\left(\frac{\pi}{l}\right)^4 + \frac{\rho g}{2D} + \left(\frac{\rho g}{2D}\right)^2\left(\frac{l}{\pi}\right)^4 - \frac{\rho g}{D} > \frac{1}{4}\left(\frac{\pi}{l}\right)^4 - \frac{\rho g}{2D} + \left(\frac{\rho g}{2D}\right)^2\left(\frac{l}{\pi}\right)^4$$

więc jeśli się wejmie wzór (I)(II) to $\beta l = \pi$ ściśle

jeśli jednak P większe to β większe, więc $\beta l - \pi$ dodatnie

więc trzeba stawić $P_0 = D\left(\frac{\pi}{l}\right)^2 + \rho g\left(\frac{l}{\pi}\right)^2 \qquad P = P_0(1+\varepsilon)$

$$\beta^2 = \left[\frac{P_0(1+\varepsilon)}{2D} + \sqrt{\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2(1+\varepsilon)^2 - \frac{\rho g}{D}}\right] = \frac{P_0(1+\varepsilon)}{2D} + \sqrt{\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D} + 2\varepsilon\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2} = \frac{P_0}{2D} + \sqrt{\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D}}\left[1 + \varepsilon\frac{\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2}{\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D}}\right] + \frac{P_0}{2D}\varepsilon$$

$$= \beta_0^2 + \varepsilon\frac{P_0}{2D}\left[1 + \frac{\frac{P_0}{2D}}{\sqrt{\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D}}}\right] = \beta_0^2 + \varepsilon\frac{\frac{P_0}{2D}\beta_0^2}{\sqrt{\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D}}}$$

$$\beta = \beta_0\left[1 + \frac{\varepsilon}{2}\frac{\frac{P_0}{2D}}{\sqrt{\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D}}}\right]$$

$$2\beta^2 D - P = 2D\sqrt{\left(\frac{P}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D}} = 2D\sqrt{\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D}}\left[1 + \frac{\varepsilon\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2}{\left(\frac{P_0}{2D}\right)^2 - \frac{\rho g}{D}}\right]$$

II, 133

A I 8

Górotwórczość

1909

[34]

dr. Kosmos 34 s. 547–579
1908.